

Aus dem Tropeninstitut der Justus Liebig-Universität Gießen
Abt.: Bodenkunde und Bodenerhaltung
Abt.-Leiter Professor Dr. rer. nat. L. JUNG

Bodenentsalzung durch verschiedene
Dränverfahren auf Alluvialböden des Gediztales
bei Menemen/Türkei

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Umweltsicherung
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Dipl. Ing. agr.
METİN HÜSEYİN SAATÇILAR
aus İzmir/Türkei

Giessen 1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546402_0035

Aus dem Tropeninstitut der Justus Liebig-Universität Gießen
Abt.: Bodenkunde und Bodenerhaltung
Abt.-Leiter Professor Dr. rer. nat. L. JUNG

Bodenentsalzung durch verschiedene
Dränverfahren auf Alluvialböden des Gediztales
bei Menemen/Türkei

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Umweltsicherung
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Dipl. Ing. agr.
METİN HÜSEYİN SAATÇILAR
aus İzmir/Türkei

Giessen 1974



Dekan: Professor Dr.agr.U.PREUSSE
1.Berichterstatter: Professor Dr.rer.nat L.JUNG
2.Berichterstatter: Professor Dr.agr.R.KOWALD
Tag der mündlichen Prüfung: 28.10.1974

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Allgemeines über Bodenversalzung	3
2.1. Herkunft der Salze	3
2.2. Entstehung der Versalzung	3
2.3. Auswirkung der Salze auf den Standort	7
2.4. Salzbodentypen	10
2.5. Die Melioration der versalzten Böden	11
3. Bodenversalzung in der Türkei, insbesondere in der Menemen-Ebene	13
4. Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes	16
4.1. Die geographische Lage	16
4.2. Das Klima	16
4.3. Der Boden	19
4.4. Die Bewässerung	23
4.5. Die Landwirtschaft	28
5. Versuchsdurchführung	30
5.1. Die Auswahl des Untersuchungsortes	30
5.2. Beschreibung des Versuchs und der Versuchsanlage	30
5.3. Probeentnahme	35
6. Angewandte Untersuchungsmethoden	37
6.1. Die physikalischen Untersuchungen	37
6.2. Die chemischen Untersuchungen	38
7. Untersuchungsergebnisse	40
7.1. Physikalische Eigenschaften und ihre Veränderungen	40

	Seite
7.1.1. Tonrohr-Dränung (Parzelle A,B,C)	41
7.1.2. Plastikrohr-Dränung (Parzelle D,E,F)	52
7.1.3. Dränung durch offene Gräben (Parzelle G,H,J)	61
7.2. Chemische Eigenschaften und ihre Veränderungen	69
7.2.1. pH-Wert und freies Carbonat	70
7.2.2. Elektrische Leitfähigkeit	71
7.2.3. Lösliche Kationen und Anionen	87
7.2.4. Austauschkapazität und austauschbares Na.	105
8. Folgerungen aus den Untersuchungser- gebnissen	108
9. Zusammenfassung und Vorschläge für die Praxis	121
Literaturverzeichnis	125
Tabellenanhang	

1. Einleitung und Problemstellung

Die Türkei ist ein Agrarland. 71 % der Bevölkerung finden ihren Lebensunterhalt in der Landwirtschaft. Die Wachstumsrate der Bevölkerung beträgt 3 %, so daß jährlich 1,05 Mill. Menschen mehr versorgt und ernährt werden müssen. Die explosive Zunahme der Bevölkerung macht die Nutzung bisher ungenutzter oder nur extensiv genutzter Flächen notwendig. Die Böden dieser Flächen sind aber in vielen Fällen durch Versalzung gefährdet bzw. schon versalzen (719.900 ha).

Somit ist die Frage ihrer Nutzung weitgehend an die Lösung des Salzproblems gebunden. Dabei gilt es einerseits, vorhandene Salzgebiete zu meliorieren und andererseits eine sekundäre Versalzung von Bewässerungsflächen zu verhindern. Es ist aber nicht immer möglich, durch einfache Maßnahmen ungünstige Flächen zu kultivieren und nutzbar zu machen. Niederschläge, Temperaturen und geomorphologische Verhältnisse in einem ariden und semiariden Land wie die Türkei bewirken die Entstehung salzreicher Böden. Es ist daher notwendig, für die Lösung des Salzproblems richtige Wege zu finden und ein Maximum an Ernteprodukten zu erzielen.

Vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zu dieser Frage liefern. Sie hat zur Aufgabe, die Wirkung der Auswaschung und Dränung auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften der versalzten Böden der Menemen-Ebene (Türkei) zu erfassen und aus den Untersuchungsergebnissen praktische Vorschläge zu ihrer Melioration abzuleiten. Dabei sind folgende Ermittlungen als Untersuchungsziele zu erarbeiten:

- a) das beste Dränsystem zur Auswaschung der Salze
- b) die richtige Dosierung der Auswaschungswasser-

menge, um mit geringster Zerstörung der Bodenstruktur einen möglichst hohen Auswaschungseffekt zu erzielen.

2. Allgemeines über die Bodenversalzung

2.1. Herkunft der Salze

Die wichtigsten Bestandteile wasserlöslicher Salze im Boden sind folgende:

Kationen: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} und in geringen Mengen K^+

Anionen: Cl^- , SO_4^{2-} und in geringen Mengen HCO_3^- ,
 CO_3^{2-} und NO_3^- (U.S. SALINITY LAB. 1954)

Mit Ausnahme von NO_3^- stammen alle wasserlöslichen Salze aus der Verwitterung von Primärmineralien. Nach KELLEY (1951) kann außerdem ein geringer Teil aus vulkanischen Gasen entstehen.

Die Erdkruste besteht etwa zu 3,47 % aus Ca, 2,46 % aus Na, 2,21 % aus Mg, 0,12 % aus S und 0,05 % aus Cl (MILLAN u. TURK, 1954). Nach dem Zerfall der Primärminerale durch Verwitterungsprozesse in Ionen und Ionen-
gruppen gehen letztere oft neue Verbindungen ein und scheiden als unlöslich aus. Einige aber, die gut lösliche Verbindungen ergaben, bleiben im Wasser gelöst und werden mit diesem verfrachtet.

2.2. Entstehung der Versalzung

Die wasserlöslichen Salze, die durch die Verwitterungsprozesse aus Primärmineralen freigesetzt werden, wurden von Flüssen und Grundwasserströmen so lange transportiert, bis im Meer oder großen Beckenlagen (abflußlose Gebiete mit starker Verdunstung) die Verfrachtung ein Ende findet. Wenn sich in diesem großräumigen Ge-

schehen ein Gleichgewicht des Wasserhaushaltes - Verdunstung - Wolkenbildung - Niederschläge - Flußbildung - Wanderung zum Meer - Verdunstung eingestellt hat, so trifft das nicht für die im Wasser mitgeführten Stoffe zu. Bei der Verdunstung wurden die beiden Phasen, Gelöstes und Lösungsmittel, getrennt, das Gelöste bleibt zurück und reichert sich durch immer neuankommendes Material an. Auf diese Weise haben die Weltmeere allmählich eine Salzkonzentration von rund 3 ‰ erreicht.

Außer Meeren gibt es aber auch innerhalb der Landoberfläche große flache Beckenlagen, die abflußlos sind und, wenn sie in ariden Klimagebieten liegen, durch ihre starke Verdunstung zu großen Salzanreicherungen pfannen werden, deren Salzgehalt langsam aber sicher ansteigt.

Auch nach JANITZKY (1957) häufen sich Salze in einem Boden an, wenn zwei Grundbedingungen erfüllt sind:

1. Heißes und trockenes Kontinentalklima, dessen charakteristisches Merkmal ein Überwiegen der Verdunstung über die Versickerung mindestens während des Sommerhalbjahres ist.
2. Geomorphologische und hydrogeologische Verhältnisse, die einen Abfluß des Bodenwassers verhindern und über undurchlässigem Gestein oder Bodenschichten einen hohen Grundwasserstand hervorrufen. Aus Grundwasser, das nicht tiefer als 1,5 - 2,5 m unter der Oberfläche steht, steigt in ariden Klimaten das Wasser kapillar nach oben und verdunstet rasch, wobei die in ihm gelösten Salze in den oberen Bodenschichten abgelagert werden oder auf der Bodenoberfläche auskristallisieren.

Betrachtet man die Versalzungsursachen von Boden kleinräumiger, so kann im Detail auf sehr mannigfache Weise Bodenversalzung eintreten. Einige dieser Möglichkeiten seien kurz angeführt (zit. bei HUSZ, 1965):

1. Versalzung der Böden in der Nähe von Salzlacken, die in flachen Mulden gelegen sind und keinen Abfluß haben.
2. Durch Austrocknung ehemaliger salzwasserhaltiger Seen.
3. Wenn ein salzführendes Sediment aus früheren geologischen Zeiten so nahe in den heutigen Oberboden kommt, daß es in die rezente Bodendynamik eingebaut wird.
4. Versalzung des Oberbodens durch kapillar aufsteigendes Grundwasser. In ariden, auch in semiariden Klimagebieten kann hier schon verhältnismäßig salzarmes Grundwasser zur Oberflächenversalzung führen.
5. Versalzung durch artesische Druckwässer aus großer Tiefe, die einen entsprechenden Salzgehalt aufweisen.
6. Versalzung durch von Stürmen verfrachtetem Salz aus Salzsteppen und Salzwüsten, das in regelmäßigen Abständen, etwa durch vorherrschend gleiche Windrichtung, auf ursprünglich salzfreiem Boden abgelagert wird. Durch starke Stürme kann auch hochgepeitschtes Salzwasser, fein zerstäubt, verhältnismäßig weit transportiert werden und sekundäre Versalzung von oben her bewirken.
7. Das aufwärts wandernde Kapillarwasser im Boden weist gesetzmäßig eine andere Salzzusammensetzung auf als das abwärts wandernde Wasser, was in der Folge zur einseitigen Verlagerung und da-

mit zur teilweisen Trennung von leichter und schwerer löslichen Salzen führt.

In ariden und semiariden Gebieten tritt eine Versalzung auf, wo die jährliche Verdunstung höher liegt als die Jahresniederschlagsmenge und das mit der Bewässerung dem Boden zugeführte Wasser (SCHEFFER und SCHACHT-SCHABEL, 1970).

Die Bewässerung, die im ariden und semiariden Klima einen häufigen Wechsel zwischen äußerster Durchfeuchtung und Austrocknung des Oberbodens verursacht, führt den Böden größere Mengen gelöster Nährstoffe zu. Dies hat eine Salzanreicherung zur Folge, sofern die Menge der zugeführten Ionen größer ist, als die durch Pflanzenentzug und Auswaschung fortgeführte Menge. Infolge der Aufwärtsbewegung und Verdunstung des Bodenwassers findet nach der Bewässerung eine Anreicherung von Salzen im Oberboden statt.

Durch die Bewässerung wurden weite Gebiete auf der Welt z.B. in Indien, im Irak, in Ägypten, in den USA usw. infolge Versalzung völlig unproduktiv. Eine Versalzung des Bodens durch Bewässerung hängt nach KELLEY (1951) von den folgenden Faktoren ab:

- a) Von der Konzentration und Zusammensetzung der im Wasser gelösten Salze
- b) Von der Wassermenge, die bei der Bewässerung verbraucht wird und vom Bewässerungsverfahren
- c) Von den Niederschlägen
- d) Von der Textur und Struktur des zu bewässernden Bodens
- e) Von der Höhe des Grundwasserspiegels.

2.3. Auswirkung der Salze auf den Standort

Die Eigenschaften der Salzböden, die das Wachstum der Pflanzen am stärksten beeinflussen, können in Anlehnung an HUSZ (1965) folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- A) Überhöhte Salzkonzentration
- B) Abnormale Ionenkombination in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex des Bodens
 - a) zu hoher pH-Wert
 - b) disharmonisches Nährstoffangebot
 - c) schlechte bodenphysikalische Eigenschaften

A. Überhöhte Salzkonzentration

Die erhöhten Salzkonzentrationen wirken in erster Linie dadurch schädigend, daß sie den osmotischen Druck des Bodens so stark erhöhen, daß die Pflanze nicht mehr imstande ist, Wasser aufzunehmen und an Wassermangel leidet. Dies kann auch bei bester Wasserversorgung des Bodens der Fall sein. Die Pflanze steht also im Wasser und verdurstet trotzdem. Es entstehen im gewissen Sinne die Bedingungen einer "physiologischen Trockenheit". Sobald die Ionen jedoch in die Pflanzenzellen aufgenommen sind, wirken sie mehr oder weniger auch toxisch.

B. Abnormale Ionenkombination

Eine einseitige bzw. physiologisch ungünstige Ionenkombination beeinträchtigt das Pflanzenwachstum in stärkerer Vielfältigkeit und in meist auch empfindlicherer Weise als die zu hohe Salzkonzentration. Da-

bei können direkte und indirekte Wirkungen festgestellt werden. Erstere sind auf Vergiftungserscheinungen durch ein extrem disharmonisches Nährstoffangebot zurückzuführen, letztere kommen dadurch zustande, daß sie die Bodeneigenschaften in einer Weise beeinflussen und verändern, daß sich dies ungünstig auf das Pflanzenwachstum auswirkt.

a) Hoher pH-Wert

Diese Eigenschaft wirkt sich auf die Ernährung der Pflanzen ungünstig aus, da die von der Wurzel abgeschiedenen H-Ionen, die gegen Nährstoffe eingetauscht werden sollen, von den in Überschuß vorhandenen OH-Ionen neutralisiert werden. Bei stark alkalischem Milieu kommt es zudem noch zum Zerfall von sekundären Tonmineralen in R_2O_3 und Kieselsäure. Es findet also eine "alkalische Verwitterung" statt.

b) Disharmonisches Nährstoffangebot

Viele Beobachtungen weisen darauf hin, daß bei gleicher Konzentration ein Ionengemisch weniger giftig wirkt als ein einziges Salz. Die Ursache ist in der gegenseitigen Beeinflussung der Ionen zu suchen (Ionen-antagonismus). Bei richtiger Kombination vermag die Pflanze ganz allgemein relativ hohe Konzentrationen zu ertragen, da die Ionenkombination entsprechend der Sorptionskapazität der Wurzeloberfläche annähernd gleich bleibt und nur die osmotischen Schäden zur Wirksamkeit kommen. Dagegen muß die Pflanze sehr empfindlich reagieren, wenn ihr Kationenvorrat an der Wurzeloberfläche einseitig oder disharmonisch belegt ist. Erstens, weil sofort Mangel an den in zu geringen Mengen vorhandenen Nährstoffen auftritt und zweitens, weil notgedrungen Ionen aufgenommen werden müssen, die von der Pflanze nicht nur nicht verwertet, sondern in großen

Mengen auch nicht vertragen werden.

c) Ungünstige bodenphysikalische Eigenschaften

Salzböden haben einen sehr unausgeglichene Lufthaushalt. Bei der Wassersättigung des Bodens erfolgt starke Quellung und starkes Zerfließen des Bodens. Es bildet sich ein vollkommen "amorpher", strukturloser Boden, bei dem auch die Humussubstanzen weitgehend als Natriumhumat gelöst sind. Nach dem Austrocknen des Bodens kommt es zu starken Schrumpfungen und dadurch zur Bildung von Schwundrissen, in die feiner, blanker Sand eingewaschen werden kann. Der Boden selbst wird steinhart.

Die Ursachen für diese Eigenschaften, die eine Kultivierung unmöglich machen können, liegen in der Ionenverteilung am Sorptionskomplex. Bei erhöhtem Natriumanteil am Sorptionskomplex erfolgt eine starke Dispergierung der Kolloide. Die Kolloide in Form von "Einkörnern" und auch die feineren Kornfraktionen werden mit der Wasserbewegung mittransportiert und an anderer, meist immer an der gleichen Stelle abgelagert. Hier kommt es zu Verschlammungs- und Verdichtungerscheinungen. Das Porenvolumen sinkt rasch und stark ab, die Wasserdurchlässigkeit wird im Extremfall fast Null, Bodenbearbeitung wird erschwert oder verhindert und weder für die Bodenmikroorganismen, noch die Pflanzenwurzeln ist ein geregelter Stoffwechsel möglich.

Die Höhe der Wirkung ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Einige dieser Faktoren sind:

- a) Textur und Struktur des Bodens
- b) Die Verteilung der Salze innerhalb des Profils

- c) Die Zusammensetzung der Salze
- d) Die Pflanzenart

2.4. Salzbodentypen

Bei der Salzdynamik der versalzten Böden werden 2 Haupteinteilungsprinzipien vertreten:

A) Die amerikanische Einteilung

Unter Berücksichtigung der elektrischen Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt bei 25°C (in $\text{m}\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) und der Na-Sättigung (V_{Na} in %) werden die versalzten Böden in drei Typen gegliedert (AGRICULTURAL HANDBOOK NR. 60, 1954)

- a) Salz- elektr.Leitf. > 4 , $V_{\text{Na}} < 15$
 böden pH-Wert meist $< 8,5$
- b) Salz- elektr.Leitf. > 4 , $V_{\text{Na}} > 15$
 natrium- pH-Wert meist $< 8,5$
 böden
- c) Natrium- elektr.Leitf. > 4 , $V_{\text{Na}} > 15$
 böden pH-Wert meist $8,5 - 10,0$

B) Die physikalisch-genetische Einteilung der "östlichen" Literatur (Sowjetunion-Ungarn)

Hier wird auf die Genese und Morphologie, sogar auf die Lage des Profils im Gelände zum Grundwasser usw. Rücksicht genommen. Gleichzeitig erfolgt die genauere Abtrennung der einzelnen Typen aber nach Analysenwerten.

Morphologie und Genese, Lage zum Grundwasser und analytische Kennzahlen sind in dieser Systematik verarbeitet und kombiniert (Zit. bei HUSZ, 1965). Nach dieser Einteilung werden die salzbeeinflussten Böden in 3 Gruppen unterteilt:

a) Solontschak-Gruppe:

Sie entspricht annähernd dem Salzboden, teilweise auch dem Salznatriumboden der amerikanischen Nomenklatur; d.h., Böden mit hohem Salzgehalt aber niedrigem Natriumanteil am Sorptionskomplex. Die Reaktion ist alkalisch, übersteigt aber nur bei sehr hohen Sodagehalten pH 8,5.

b) Solonetzgruppe:

Böden mit geringem Salzgehalt in der Bodenlösung, aber hohem Na-Anteil am Sorptionskomplex. Sie entsprechen annähernd den Natriumböden der amerikanischen Nomenklatur.

c) Solodgruppe:

Die Solode entwickeln sich oft aus ehemaligen Salz- oder Natriumböden infolge einer Erniedrigung des Grundwasserstandes. Sie sind schwach sauer und ihre Na-Sättigung beträgt im B-Horizont weniger als 7 % (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1970).

2.5. Die Melioration der versalzten Böden

Alle Maßnahmen zur Verbesserung der versalzten Böden zielen auf eine Beseitigung der schädlichen Salze, sowie auf eine Verringerung des Gehaltes an austauschfähigem Natrium und eine Behebung der durch das Austausch-Na hervorgerufenen Eigenschaften hin. Um die

Salzböden zu entsalzen, verwendet man entsprechende Auswaschungsmethoden je nach Versalzungsart kombiniert mit einer Behandlung des Bodens mit chemischen Mitteln. Folgende Methoden werden am häufigsten durchgeführt:

- a) Einstau-Methode
 - aa) nur mit Wasser
 - ab) zusammen mit Wasser und Pflanzen, wie Reis, Orize sativa u.a.
- b) Kontur-Chek Methode
- c) Kurzfristiger Anstau und anschließender Oberflächenabfluß des angestauten Wassers zur Auswaschung der obersten, salzreichsten Bodenschicht
- d) Durch Anstau des natürlichen Niederschlages (im Winter)
- e) Bei Alkalität durch Wasser und chemische Mittel, wie Schwefelsäure, Gips, Schwefel, $\text{CaCl}_2\text{-FeSO}_4$.

In der Türkei bisher angewandte Methoden der Entsalzung:

- a) Einstau-Methode
 - aa) nur mit Wasser
 - ab) Wasser und Pflanzen
- b) Durch Niederschlag (Regen)
- c) Mit Hilfe von chemischen Mitteln (Gips, Schwefelsäure, Schwefel und Stalldüngung).

3. Versalzung in der Türkei, insbesondere in der Menemen-Ebene

Mit Ausnahme des Schwarzmeergebietes liegen die mittleren Niederschläge in der türkischen Republik unter 500 mm Ø. Ein großer Teil dieses Niederschlages fällt im Winter, der Rest im Herbst und im Frühjahr. Die Sommermonate sind trocken. So finden wir je nach geographischer Lage maritimes oder kontinentales subtropisches Klima.

Nach OAKES (1958) sind von der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der Türkei 719 900 ha versalzt. Da sich die versalzten Flächen nur auf die Ebenen konzentrieren, beträgt die Ausdehnung der versalzten Flächen 8,5 % der Ebenen (8 683 500 ha). Nach Angaben der Generaldirektion für Wasser und Boden (TOPRAKSU) sind von den 8 683 500 ha Ebenen auf 3 333 300 ha ein Ansteigen des Grundwassers, sowie Versalzungs- und Versumpfungsprobleme festgestellt worden, da die vorhandenen Entwässerungseinrichtungen unzureichend sind. Weiterhin sind, seitdem die Bewässerung in der Türkei auf große Flächen ausgedehnt wurde, ein großer Teil dieser landwirtschaftlichen Nutzflächen durch ungenügendes Entwässerungsnetz, unkontrollierte Bewässerung und durch Versickerung in den Bewässerungskanälen versalzt. So bestätigte ALAGÖZ (1957) nach seinen Untersuchungen in der Cumra-Ebene in den Jahren 1955, daß die Böden dieses Gebietes vor Einführung der Entwässerung bedeutend fruchtbarer waren als sie es heute sind. Als Grund für die Abnahme der Bodenfruchtbarkeit gibt er unkontrollierte Bewässerung, Ansteigen des Grundwassers und des Bodensalzgehaltes an. Die in der Menemen-Ebene auf meeresnahen Flächen stattgefundene Versalzung ist nach SAATCI & TUNCAY (1967) teilweise auf den Einfluß des Seewassers zurückzuführen, teilweise auf unkontrollierte

Bewässerung und fehlende Drainage.

Nach OAKES finden wir in fast allen Bewässerungsgebieten der Türkei teilweise bzw. stark versalzte Böden, so in Ankara, Konya (Çumra), Kayseri (Karasaz), Çorum, Aksaray, Tokat, Amasya, Malatya, Afyon, Manisa, İzmir/Menemen, Aydın (Söke), Denizli (Gölemezli), Burdur, Isparta, Silifke, Tarsus (Çukurova), Niğde, Es-kişehir, Iğdır....

Die Salzböden der Menemen-Ebene können nach ihrer Versalzungsgeschichte in 2 Typen unterteilt werden:

- a) Böden mit natürlicher Versalzung
- b) Böden mit künstlicher Versalzung, d.h., bei denen der Salzüberschuß durch Maßnahmen der Bodenbewirtschaftung entstanden ist.

a) Natürliche Versalzung

a 1) Bei den meeresnahen Flächen wird die Versalzung durch den Einfluß des Meeres und durch Windeinwehung verursacht. Da der Grundwasserspiegel etwa Meeresniveau hat und das Meerwasser besonders in Zeiten mit westlichen Winden den Grundwasserspiegel direkt beeinflusst, hat dies eine Salzanreicherung des Grundwassers und damit auch des Bodens zur Folge.

a 2) Die aus salzhaltigen Sedimenten des Gebietes stammenden Salze wurden sowohl durch den Regen als auch durch die Überschwemmungen des Gedizflusses in die Niederungen gebracht. Durch die hohe Evaporation stiegen dann die in der Bodenlösung vorhandenen Salze kapillar

zur Bodenoberfläche auf.

b) Böden mit künstlicher Versalzung

Die künstliche Versalzung ist eine Folge der Einführung der Bewässerungslandwirtschaft. Durch folgende Faktoren wird die künstliche Versalzung beeinflusst:

- b 1) Ungenügend ausgebautes Verteilernetz mit starker Versickerung in den unbetonierten Bewässerungskanälen
- b 2) Ungenügendes Entwässerungsnetz
- b 3) Unkontrollierte und übermäßige Bewässerung
- b 4) Zunehmende Anreicherung des Salzgehaltes im Bewässerungswasser.
Das Dränwasser wird immer wieder dem Gedizfluß zugeleitet und dann über das Gedizwasser wieder zur Bewässerung verwendet.

4. Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes

4.1. Die geographische Lage

Die Menemen-Ebene, die ihren Namen von der Stadt Menemen ableitet, liegt im ägäischen Raum nordwestlich der Stadt Izmir, zwischen $38^{\circ}27'$ bis $38^{\circ}45'$ nördlicher Breite und $27^{\circ}04'$ bis $28^{\circ}00'$ östlicher Länge. Sie wird im Osten vom alten Gediz-Bett, im Westen von den Gebirgen Degirmentepe und Üctepeler, im Norden von der Gediz-Hochwassersperre und im Süden und Südwesten von der Izmir-Bucht begrenzt.

Der Gediz, dem die Ebene ihre Entstehung verdankt, hat eine Länge von 300 km und entwässert ein Gebiet von $17\,350\text{ km}^2$. Seine Quellen liegen im Murat- und Suphane-Gebirge. Zwei Hauptquellflüsse vereinigen sich zum Gedizfluß (ALAGÖZ, 1957). Zahlreiche Bäche und Nebenflüsse, die zum größten Teil nur während der winterlichen Regenperiode Wasser führen, münden in den Gediz (GARBRECHT, 1968).

4.2. Das Klima

Das Klima des Gebietes ist ausgesprochen mediterran mit Winterregen und Sommertrockenheit. Nach KÖPPEN und GEIGER (1923) ist dieses Klima mit den Symbolen Csa zu bezeichnen (zit. bei MERTIN, 1971). In der Tabelle 1 sind die Klimadaten (zwölfjähriges Mittel) in der Folge Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Sonnenscheindauer und Verdunstung aufgeführt. Aus den Zahlen sind die starken Temperaturschwankungen und die ungünstige Verteilung der Niederschläge des Jahres deutlich zu er-

kennen. Um die Klimaverhältnisse anschaulich darzustellen, wurde ein Klimadiagramm nach WALTER (1957) gezeichnet (Abb. 1).

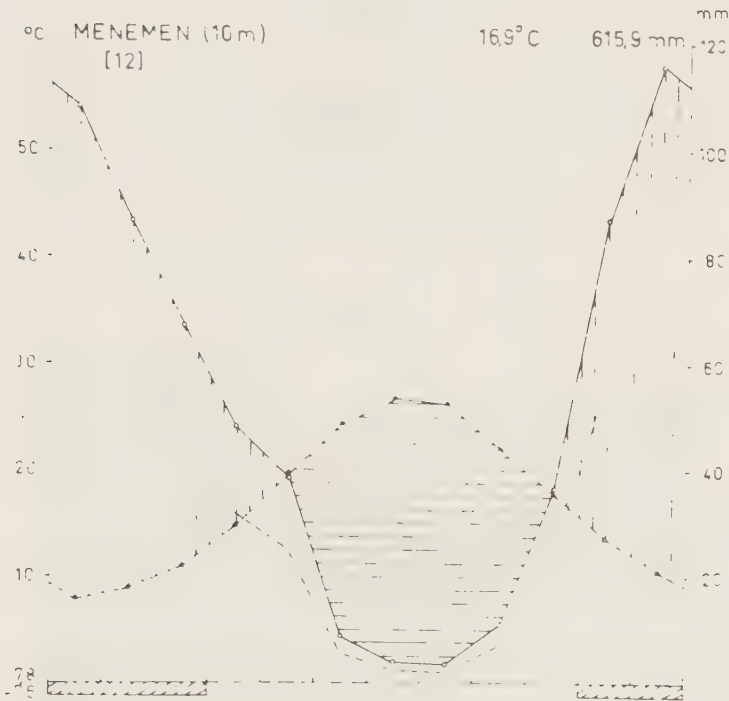


Abb. 1: Klimadiagramm von Menemen

Trotz der relativ günstigen jährlichen Niederschläge besteht im Sommer ein großes Wasserdefizit. Es wird noch verstärkt durch hohe Regendichten, die dazu führen, daß ein großer Teil des Niederschlages ungenutzt oberflächlich abfließt. Weiterhin ist zu berücksichti-

Klimadaten von Menemen, zwölfjähriger Durchschnitt

Monate	Temperatur °C				Niederschlag mm			Sonnen- energ. 2 cal/cm		Sonnen- sch. dauer Std./Tg.		Verdunstung mm	
	Tages- mittel	Tages- max.	Tages- min.	Abs. Abs. max. min.	Monats- summe	Tages- max.	Luft- feuch- te %	Monats- summe	Std./ Tag	# Wild- (Schat- ten)	Class- A-Plan		
Januar	7,8	12,0	4,3	20,8 -7,6	108,2	55,0	70,9	6005	4,2	55,0	51,2		
Februar	8,8	13,6	5,0	24,5 -4,8	86,9	64,6	67,3	6616	5,3	62,0	55,3		
März	10,8	16,4	7,8	28,6 -0,3	67,2	83,9	65,3	9772	6,0	71,6	72,9		
April	14,7	20,9	8,7	31,0 0,1	48,0	38,0	62,0	13635	8,2	97,6	110,9		
Mai	19,6	26,3	12,4	35,6 3,8	38,5	29,1	59,2	16096	9,8	119,7	146,2		
Juni	24,4	31,2	16,4	38,9 8,4	8,8	17,9	51,8	17434	11,6	163,7	203,5		
Juli	26,7	33,8	18,7	40,6 10,7	3,9	21,6	48,6	17999	12,7	188,2	231,8		
August	26,2	33,6	18,3	44,2 10,8	3,6	25,5	50,4	16542	12,1	165,7	208,2		
September	21,9	29,4	15,0	37,4 6,4	11,1	28,0	55,9	12691	10,1	135,0	145,1		
Oktober	17,8	25,1	12,0	34,3 3,7	36,4	43,1	63,4	10249	7,7	94,6	89,0		
November	13,5	18,9	9,5	31,0 -1,8	87,3	119,8	70,1	6729	5,6	58,2	48,4		
Dezember	10,4	14,2	6,8	25,4 -3,0	116,0	46,4	71,5	4549	4,0	59,7	50,9		
Jahr	16,9 ¹⁾	23,0 ¹⁾	11,2 ¹⁾		615,9 ²⁾	119,8 ³⁾	61,4 ¹⁾	138317 ²⁾	8,1 ¹⁾	1271,0 ²⁾	1413,2 ²⁾		

1) Jahresmittel 2) Jahressumme 3) höchstes Tagesmaximum

gen, daß auch die jährlichen Niederschläge starken Schwankungen unterworfen sind, so daß in manchen Jahren die Wasserbilanz noch ungünstiger sein kann.

Für einen intensiven Bewässerungslandbau wirkt sich die Frostperiode im Winter sehr nachteilig aus. Trotz der relativ hohen winterlichen Durchschnittstemperatur können in der Zeit von November bis März kurzfristig starke Fröste bis zu $-7,6^{\circ}\text{C}$ auftreten, die den Anbau von frostempfindlichen Dauerkulturen verbieten.

4.3. Der Boden

In der Menemen-Ebene treten drei Bodentypen in den Vordergrund. An den Hängen im Norden, Osten und Südosten begrenzen Andesit-Ranker, Rendzinen, Pararendzinen und Terra rossa die Alluvialböden der Ebene. Entlang der ägäischen Küste sind hydromorphe, salzige Alluvialböden und im westlichen Teil der Ebene Alluvialböden mit geringerem Salzgehalt (OAKES 1958) anzutreffen. Nach PHILIPPSON (1968) ist die Ebene im Quartär aus den alluvialen Ablagerungen des Gediz gebildet worden. Ausgangsgesteine der Ablagerungen sind im Norden (Süphane-Gebirge) und Osten (Dumanlı und Yamanlar-Gebirge) Andesite und Dacite. Die sich aus der Ebene erhebenden Hügel vulkanischen Ursprungs hatten keinen Einfluß auf die Entstehung der Böden. Abbildung 2 zeigt den geologischen Aufbau der Menemen-Ebene nach einer Aufnahme des Boden-Wasserwirtschaftsamtes Izmir.

Nach ÖZALP (1967) kommen als geologisches Ausgangsmaterial kristalline Schiefer (Glimmerschiefer, Gneis, Marmor), Basalte, mesozoische Kalke, Andesite und Dacite (saures Ergußgestein mit freiem Quarz) in Frage.



Geologischer Aufbau der Menemen Ebene

Abb.: 2

Den wesentlichen Anteil bilden die Glimmerschiefer (KITAPCIOGLU) (zit. bei ERDİN 1972).

Ursprünglich entwässerte der Gediz südlich der Stadt Menemen über ein vielarmiges Delta in den Golf von Izmir. Durch die Ablagerungen des Flusses drohte die Bucht zu versanden. Um die Existenz der Stadt Izmir zu sichern, wurde der Unterlauf des Gediz reguliert und durch einen nördlich der Stadt Menemen verlaufenden Kanal in Richtung Foca zum Meer umgeleitet (1862/63). Die südlich des Kanals liegende Deltaebene wurde durch Deiche vor Überflutung geschützt und so der landwirtschaftlichen Nutzung erschlossen.

Mit der Umleitung des Gediz wurde die Ablagerung von Sedimenten unterbrochen; die Böden befinden sich seit etwa 100 Jahren in genetischer Entwicklung. Aber durch die Klima- und Reliefbedingungen in der Ebene ist die Bodenbildung manchen störenden Faktoren unterworfen. Die starke Entwaldung im Einzugsgebiet des Gediz führte

zu starker Erosion, so daß es innerhalb erdgeschichtlich sehr kurzen Zeiträumen zu großflächigen Verlandungen kam. Da nur eine mäßige Vegetation vorhanden ist, wird der sehr geringe Verwitterungsboden auf den Höhen durch die starken Winterregen ins Tal geschwemmt. Dort setzt er sich in der Ebene und am Hangfuß ab. (JUNG 1962)

Bei oberflächlicher Betrachtung machen die alluvialen Böden der Menemen-Ebene einen relativ gleichmäßigen Eindruck. Daher ist es zweckmäßig, sie nach ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften oder ihren Ablagerungsschichten zu gliedern. Durch genauere Untersuchungen findet man schon auf kleinsten Flächen beträchtliche Unterschiede.

Das Institut für Bewässerungslandwirtschaft Menemen/Izmir (Menemen Sulu-Ziraat Arastirma Enstitüsü) führte im Jahre 1965 auf dem versalzten Teil der bewässerbaren Flächen Bodenuntersuchungen durch (SAATCIAR und YEMISCIOGLU, 1965). Diese zeigten, wie sich die verschiedenen Eigenschaften des Bodens (0-50 cm) prozentual auf das Untersuchungsgebiet verteilen:

1. Bodentextur:	Schluff	73,92 %
	Ton	24,65 %
	Sand	1,44 %

2. Permeabilität: Die Permeabilität muß an gestörten Proben gemessen werden, da ungestörte Proben bei der Analyse sofort zerfallen:

59,87 % der Proben waren undurchlässig
5,07 % sehr gering durchlässig
18,40 % gering durchlässig
13,77 % langsame mittlere Durchlässigkeit
2,17 % mittlere Durchlässigkeit
0,72 % mittlere schnelle Durchlässigkeit.

3. pH im Schlamm:

pH 6,5 - 7,5	28,26 %	der Proben
pH 7,5 - 8,5	67,39 %	" "
pH 8,5 und mehr	4,35 %	" "

4. CaCO_3 - Gehalt:

0 - 1 %	2,17 %	der Proben
1 - 2 %	6,52 %	" "
2 - 4 %	14,50 %	" "
4 - 8 %	55,07 %	" "
8 - 15 %	21,02 %	" "
über 15 %	0,72 %	" "

5. Salinität und Alkalität:

4 - 8 millimhos/cm	30 %	der Proben
8 - 12 "	26 %	" "
12 - 16 "	17 %	" "
über 16 "	27 %	" "

Die wichtigsten wasserlöslichen Salze der Menemen-Ebene sind:

NaCl , MgCl_2 , Na_2SO_4 und MgSO_4 .

Die folgende Aufstellung zeigt die Anbauflächen der Menemen-Ebene nach Angaben des landwirtschaftlichen Beratungsamtes Menemen:

Landwirtschaftliche Nutzfläche	20.950 ha
Weide und Wiesen (werden gelegentlich genutzt)	20.000 ha
Wald	26.000 ha

Sumpf und versalzte Flächen, 20.000 ha
nackte Felsen und steinige
Flächen.

Von den 20.950 ha Nutzfläche sind 12.173,23 ha bewässerbar. Der Anteil der verschiedenen Bodenklassen an der bewässerbaren Gesamtfläche setzt sich wie folgt zusammen:

Bodenklasse I	9,8 %
Bodenklasse II	20,1 %
Bodenklasse III	65,1 %
Bodenklasse IV	5,0 %.

Auf 73 % der gesamten bewässerbaren Fläche wird heute Landwirtschaft mit Bewässerung betrieben.

4.4. Be- und Entwässerung

In der Ebene wird nur die Oberflächenbewässerung angewendet, eine Mischung aus Border-Bewässerung und wilder Rieselung, da der größte Teil der bewässerbaren Flächen nicht planiert ist. In der Regel werden pro Bewässerungssaison je nach Bodenart zwei bis vier Wassergaben verabreicht. Das für die Bewässerung erforderliche Wasser wird durch einen Regulator (gebaut 1934 vom Staat) dem Gediz entnommen. Eine Talsperre am Oberlauf des Flusses garantiert in der Bewässerungszeit eine ausreichende Wasserzuleitung. Über ein umfangreiches Kanalsystem wird das Wasser zu den Bedarfsstellen geleitet.

Abbildung 3 zeigt das Be- und Entwässerungssystem.



Abb. 3: Bewässerungsgebiet Menemen-Ebene, Kanalsystem
Quelle: Diss. von IMAMOGLU (1973)

Diese Kanäle sind nur zum geringen Teil befestigt; der größte Teil besteht noch aus Erdkanälen. Abzweig- und Entnahmebauwerke sind im ganzen Bewässerungsgebiet in Beton ausgeführt, die Abzweigbauwerke im allgemeinen ohne bewegliche Verschlüsse, die Entnahmebauwerke in der Regel mit verschließbaren Schiebern. Zu- und Abführungskanäle sind im Bereich der Abzweig- und Entnahmebauwerke ausgekleidet. Die Kanäle enden in Auslässen zu einem der Hauptentwässerungskanälen (MERTIN, 1971).

In den höheren Lagen, wo das Flußwasser durch das Kanalsystem nicht zu den Feldern geleitet werden kann, wird das Bewässerungswasser mittels einer Pumpe aus dem Grundwasser entnommen.

Überschuß- und Dränwasser aus der Menemen-Ebene führen vier Hauptentwässerungskanäle und 97,5 km kleinere Entwässerungskanäle ab. In der Menemen-Ebene, wo die Dränung fehlt und die Bewässerung von Bauern unsachgemäß durchgeführt wird, ist die Qualität des Bewässerungswassers von außerordentlicher Bedeutung.

HILGARD (zit. bei WILCOX, 1968) wies als einer der ersten auf die Wichtigkeit der Qualität des Bewässerungswassers hin. Er beurteilte das Wasser nach der Gesamtkonzentration der gelösten Stoffe und nach der Zusammensetzung der Salze.

Zur Beurteilung des Wassers hat RICHARDS (1954) dasselbe auf Grund der allgemeinen Leitfähigkeit $C = \text{Micromhos/cm}$ bei 25°C und des Natrium-Adsorptions-Verhältnisses

$$\left(\text{SAR} = \frac{\text{Na}^{+}}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}} \right)$$

betrachtet und ein Diagramm für die Klassifikation von Bewässerungswasser aufgestellt (Abb. 4).

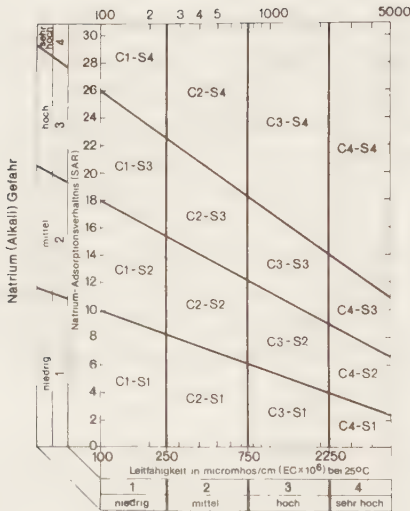


Diagramm für die Klassifikation von Bewässerungswasser nach Richards.

Abb. 4: Diagramm für die Klassifikation von Bewässerungswasser nach RICHARDS

Die Analysen aus den verschiedenen Entnahmestellen des Bewässerungsnetzes Menemen (Tab. 2) ergeben in der Wasserqualität nach dem Diagramm von RICHARDS eine mäßige Salinität (C_2) und ein geringes Natrium-Adsorptions-Verhältnis (S_1). Es bestehen keine großen Unterschiede in der Wasserqualität bezüglich der verschiedenen Entnahmestellen. Zum gleichen Ergebnis gelangen auch SAATCI (1967) und IMAMOGLU (1973).

Tab. 2: Analysen - Ergebnisse des Bewässerungswasser

Datum 1.5.1970

Entnahmestellen	pH Ex	EC_{25}^{10}	Ca^{++}	Mg^{++}	me/l Na ⁺	me/l K ⁺	me/l CO_3^{--}	me/l HCO_3^-	me/l Cl ⁻	me/l SO_4^{--}	SAR
Demir Köprü	7,75	471	3,74	1,41	1,54	0,22	-	3,63	2,10	1,25	0,96
Marmara Gölü	8,15	540	2,46	1,79	2,08	0,23	-	3,53	2,70	0,35	1,42
Adala Regilätörü	8,00	695	3,21	2,16	1,50	0,22	-	4,21	2,10	0,80	0,92
Ahmetli Regilätüre	7,90	582	2,21	2,55	1,90	0,23	-	3,63	2,90	0,37	1,23
Emiralem Regilätörü	7,95	680	2,67	2,09	2,20	0,21	-	4,31	2,50	0,36	1,43
Menemen Köprüsü	7,95	582	2,42	1,83	2,32	0,22	-	3,63	2,50	0,68	1,59
D.S.I Kesikköy	7,85	682	2,35	2,60	2,23	0,21	-	4,12	2,50	0,78	1,42
Sekundärkanal											
Sasali	8,00	6,98	3,32	1,44	2,36	0,21	-	4,21	3,00	0,13	1,53

4.5. Landwirtschaft

In der Menemen-Ebene sind mehr als 80 % der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig. Ca. 7.700 von den 7.800 registrierten landwirtschaftlichen Betrieben sind kleine Betriebe (0,1 - 10 ha).

Die Marktverhältnisse bestimmen den Anbau einjähriger Bewässerungskulturen. Zur Zeit dominiert die Baumwolle (mehr als 70 % der bewässerten Fläche), die meist in Monokultur angebaut wird. In den letzten Jahren erfuhr der Anbau mexikanischen Weizens erhebliche Ausweitung. Wegen seines geringeren Kapital- und Arbeitsbedarfs, sowie höheren Ertrages wird er mit der Baumwolle in einer Fruchtfolge angebaut. Auf versalzten schweren Böden wird Reis kultiviert. Die restlichen Teile der bewässerten Fläche entfallen auf Wein, Obst, Oliven, Erdnuß, Zitrusfrüchte, Erdbeeren, die verschiedensten Gemüsearten und andere Kulturpflanzen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Anbauverhältnisse wichtiger Bewässerungskulturen.

Tab. 3: Anbaufläche von Bewässerungskulturen in ha und die dazugehörigen Bewässerungsarten in der Menemen-Ebene (nach Wasserwirtschaftsamt in Menemen) (105)

Kulturart	J a h r e											Bewässerungs- arten
	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	
Baumwolle	7009,4	6974,4	7621,1	7540,1	6594,4	7687,1	7948,3	8205,6	6363,9	5902,9	6450,3	Furchen-Border- Becken-Einstau
Reis	28,6	262,2	321,5	114,1	601,4	1217,3	518,0	145,6	403,0	888,5	405,5	Becken-Einstau
Weingarten	384,7	567,9	474,5	503,5	784,2	475,2	463,3	475,2	486,4	524,6	347,4	Wildrieselung
Getreide (Weizen)	--	--	--	--	--	--	--	242,5	3,4	196,2	298,1	Border
Mais und Sonnenblumen	16,1	9,4	13,9	18,2	7,8	9,2	14,8	32,5	172,5	327,6	157,3	Furche - Border
Gemüse und Blumen	9,0	61,7	62,9	63,8	51,1	40,4	46,9	79,1	86,6	179,7	129,2	Furche
Obst	40,4	41,6	40,2	36,3	48,3	39,9	45,5	55,6	66,2	67,3	79,5	Beriese- lung
Baumschulen	7,7	18,0	13,0	11,4	6,1	13,4	9,0	10,4	23,3	45,9	62,3	Berieselung
Futterpflanzen (Luzerne)	5,1	0,5	1,5	1,2	0,6	2,7	--	22,7	22,9	66,2	57,7	Wildrieselung
Sesam	--	0,2	--	--	--	--	0,2	0,2	--	1,1	44,6	Border-Becken- Einstau
Sonstiges	123,2	196,4	196,7	427,8	240,8	281,7	325,2	292,8	326,3	661,7	873,3	ortsübl. Bew. - Arten
Gesamt bewäs- serbare Fläche	7683,2	8150,7	8754,6	8758,9	8341,7	9772,6	9383,9	9582,5	7999,5	8816,2	8968,6	

5. Versuchsdurchführung

5.1. Die Auswahl des Untersuchungsortes

Die Untersuchungsfläche beträgt 20 Dekar (2 ha) und ist repräsentativ für ca. 6 000 ha versalzter Böden mittlerer Textur und Durchlässigkeit in der Menemen-Ebene. Nach der amerikanischen Gliederung werden die untersuchten Böden als Salzböden bezeichnet. Die Fläche liegt westlich von der Straße Kaklic-Tuzcullu und südlich vom sekundären Bewässerungskanal des Sasali. Die Fläche wurde als extensive Weide genutzt. Der natürliche Grundwasserstand mißt 60 - 80 cm, der vor Beginn des Winterregens auf über 150 cm absinken kann. Das Versuchsfeld ist so gelegen, daß es durch einen befestigten Weg zu jeder Jahreszeit erreichbar ist und daß es durch angrenzende Bewässerungs- und Entwässerungskanäle Bewässerungswasser zu jeder Zeit zugeführt und Dränwasser abgeführt werden kann.

Vor Beginn der Untersuchungen wurden im Untersuchungsgebiet Vorversuche durchgeführt, Grundwasserstand und Wasserleitfähigkeit gemessen. Außerdem wurde das Grundwasser auf seinen Salzgehalt untersucht. Die Ergebnisse der Vorversuche sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

5.2. Beschreibung des Versuchs und der Versuchsanlage

Die als Versuchsfeld ausgewählte Fläche wurde vermessen, von den natürlichen Pflanzenbeständen befreit, nivelliert und parzelliert. Das Versuchsfeld ist nach dem Split-Block-System angelegt. Es ist in Parzellen von

Jahreszeit	pH	10 ⁻⁶ EC	me/l					me/l		
			++ Ca	++ Mg	++ Na	+	+	CO ₃ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻
Sommer	7,70	29600	21,90	128,70	225,26		6,26	-	8,90	223,40
Herbst	7,60	38381	42,90	233,40	239,98		9,12	-	14,00	416,80
Winter	7,65	27630	18,70	111,47	180,28		5,30	-	7,60	246,70
Frühling	7,75	24416	16,70	116,80	161,14		5,46	-	7,81	230,80
Grundwasserstand cm										
Sommer	-----	150								
Herbst	-----	150								
Winter	-----	80 - 90								
Frühling	-----	60 - 80								

Tab. 4: Die Ergebnisse der Vorversuche

$25 \times 7 = 175 \text{ m}^2$ Größe aufgeteilt und umfaßt neun Varianten mit jeweils 4 Wiederholungen, also 36 Parzellen (Abb. 5).

Um einen Einfluß des Hauptkanals auszuschalten, wurde das Versuchsfeld in einer Entfernung von 60 m vom Hauptdränkanal angelegt. Ebenso zur Verhinderung einer Salzfiltration zwischen den einzelnen Parzellen wurden zwischen den Parzellen 2 m Abstand gelassen.

Versuchsreihen

1. Dränung:

Das Versuchsfeld wird durch drei Dränsysteme entwässert:

A.: Grabendränung Tiefe der Gräben 1,5 m,
 Böschungsneigung 1 : 1,5

B: Rohrdränung Tiefe der Gräben 1,4 m

a) Tonrohrdränung (15 x 33 cm)

b) Plastikrohrdränung (8 cm x 50 m).

Der Dränabstand beträgt 25 m (berechnet nach der Darcy-Formel), die Rohrdräne wurden durch einen 10 cm starken Kiesfilter vor Einschlammung gesichert. Der Hauptentwässerungskanal ist 1,8 m tief bei einem Böschungswinkel von 1 : 1,5. Durch eine Pumpstation wird das Dränwasser aus dem Hauptentwässerungskanal des Versuchsfeldes in den angrenzenden Entwässerungskanal des Bewässerungsgebietes gepumpt.

2. Auswaschung:

Nach Berechnung der im Boden vorhandenen Feuchte und der Verdunstung wurde der Boden bis auf 120 cm Tiefe auf Feldkapazität angefeuchtet. Dann wurden entsprechend der nutzbaren Wasserkapazität (NWK) folgende Auswaschungs-Wassermengen verabreicht:

N ← S

Legende

I- Tonrohr - Dränung

II-Plastikrohr "

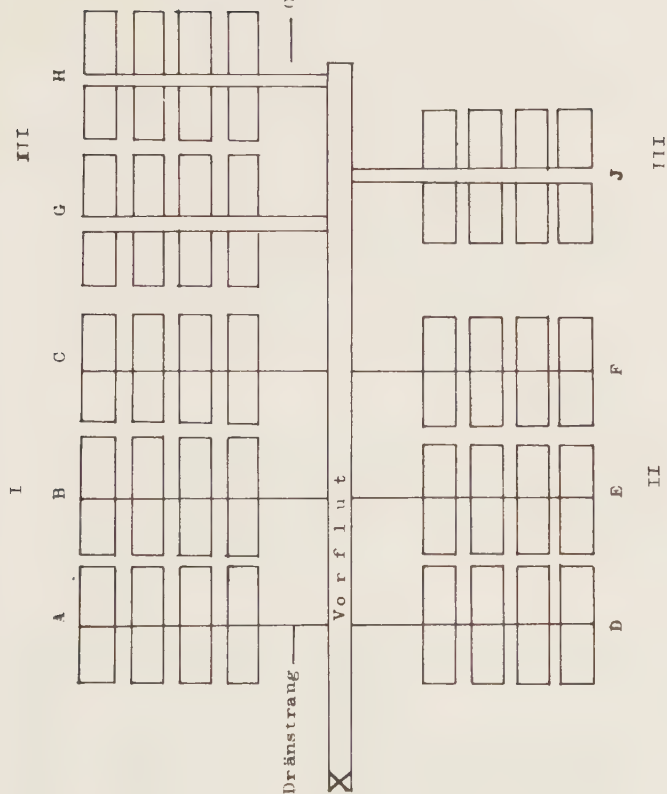
III-Offene Graben "

Gr. Je - Parzelle

25 m

x Pumpe

V o r f l u t D . S . I



- a: 1/2 Dosis (entspricht 50 % der NWK des Bodens
= 88 mm)
- b: 1 Dosis (entspricht 100 % der NWK des Bodens
= 176 mm)
- c: 1 1/2 Dosis (entspricht 150 % der NWK des Bodens
= 264 mm).

Die kritische Grundwassertiefe liegt im Menemen-Gebiet bei den mittleren und leichten Böden bei 120 cm, d.h., bei einem Grundwasserstand von 120 cm oder tiefer wird kein kapillarer Anstieg von Grundwasser an die Bodenoberfläche und damit eine vom Grundwasser beeinflusste Bodenversalzung beobachtet.

Die Auswaschung und Dränart in den einzelnen Parzellen sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle: 5

Parz.	Dränart	Dosis	Wassergabe mm je Gabe gesamt	Zahl d. Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versik- kerung mm	
A	Tonrohr	1 1/2	264	1584	6	224	1360
B	Tonrohr	1	176	1232	7	234	998
C	Tonrohr	1/2	88	880	10	165	715
D	Plastik- rohr	1 1/2	264	1584	6	224	1360
E	"	1	176	1408	8	226	1182
F	"	1/2	88	792	9	161	631
J	Graben- dränung	1 1/2	264	1584	6	226	1360
G	"	1	176	1408	8	227	1181
H	"	1/2	88	792	9	161	631

5.3. Probeentnahme

Folgende Probeentnahmen und Untersuchungen wurden durchgeführt:

- a) Bodenphysikalische Untersuchungen vor und nach der Salzauswaschung

pF - Bestimmung	NWK
Spez. Gewicht	Textur
Volumen	CaCO ₃
PWP	org. Substanz.

Hierzu wurden auf jeder Parzelle Profile gegraben, die entsprechenden Proben mit 3 - 5 Wiederholungen in den Entfernungen 2,5, 5,0, 7,5 und 10 m vom Dränrohr, je nach dem Profilcharakter in der Tiefe von 0 - 50, 50 - 80 und 80 - 120 cm entnommen.

- b) Bodenchemische Untersuchungen für die Kontrolle des Bodensalzgehaltes:

Vor und nach jeder Auswaschungswassergabe wurden mit Bodenbohrern in den Abständen 3 - 6 - 9 und 12 m bis zu 120 cm Tiefe je 5 Proben entnommen, von den einzelnen Horizonten und Parallelen Mischproben gebildet und davon Salzgehalt (durch Leitfähigkeitsmessung), lösliche Anionen und Kationen bestimmt. Die Gesamtzahl der erforderlichen Salzbestimmungen beträgt 3 000.

- c) Wasseranalysen:

Auswaschungswasser und Dränwasser wurden bei jeder Auswaschung auf ihren Salzgehalt untersucht.

- d) Nach jeder Auswaschung wurde mit dem Bull-Infiltrometer die Infiltration auf jeder Parzelle gemessen.

- e) Mehrmals wurden Grundwasserproben chemisch analysiert, die Grundwasserstände wurden wöchentlich über Grundwasserbeobachtungsrohre gemessen.
- f) Messung und Eintragung der Klimawerte
- g) Die Auswaschung wurde abgebrochen, sobald die Salzkonzentration im Oberboden (0 - 20 cm Tiefe) auf unter 4 mmhos fiel.

6. Angewandte Untersuchungsmethoden

6.1. Die physikalischen Untersuchungsmethoden

a) Bestimmung der Kornverteilung:

Der Tonanteil wurde nach der Pipettmethode von KÖHN (bei THUN und Mitarb., 1955), Sand durch Naßsiebung ermittelt. Die Schluffraktion ergab sich aus der Differenz.

Ton = $< 0,002 \text{ mm}$

Schluff = $0,06 - 0,002 \text{ mm}$

Die Dispergierung erfolgte mit $0,4 \text{ n Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ - Lösung (LÜTTMER u. JUNG, 1955).

b) Spezifisches Gewicht:

Pyknometer-Methode nach MITSCHERLICH (bei FIEDLER, 1964 und LOMTADSE, 1955).

c) Permanenter Welkepunkt:

15-Atü-Druck-Membran-Gerät nach RICHARDS (1941)
(bei DINGER u. GÜZELIS u. FIEDLER, 1964).

d) Porengrößenverteilung:

Keramische Platte nach CZERATZKI (1958)

e) Gesamtporenvolumen (GPV):

= Berechnet aus der Formel:

$$\text{GPV (in \%)} = \left(1 - \frac{\text{Raumgewicht}}{\text{spez. Gewicht}} \right) \times 100$$

f) Infiltrationsrate:

Mit Bull-Schreibinfiltrrometer (USA).

6.2. Die chemischen Untersuchungsmethoden

pH-Wert: mittels eines Beckmann-pH-Meters in der Bodenpaste. Gewinnung des Sättigungsextraktes: 100 g lufttrockenen Boden (< 2 mm) wurde mit dest. H_2O bis zur Wassersättigung versetzt (Bodenpaste), über Nacht stehengelassen und am nächsten Tag über einen Büchnertrichter abgesaugt. Elektrische Leitfähigkeit: Im Sättigungsextrakt und im Bewässerungs- und Dränwasser gemessen. Die Werte geben die elektrische Leitfähigkeit in Millimhos/cm bei $25^\circ C$ an. Für die Messung diente das Meßgerät Conductivity Meter, Type CDM 2d.

Wasserlösliche Kationen:

Na^+ und K^+ Ionen flammenphotometrisch.

Ca^{++} + Mg^{++} durch Titration mit 0,01 n Versanat (Äthylendiamintetraacetat).

Ca^{++} durch Titration mit 0,01 n Versanat.

Aus der Differenz beider Titrationswerte wurde der Mg^{++} Anteil errechnet.

Wasserlösliche Anionen:

1) HCO_3^- durch Titration mit 0,01 n H_2SO_4

Indikator: 3 - 4 Tropfen Methylorange

2) Cl^- durch Titration mit 0,05 n $AgNO_3$

Indikator: 3 - 4 Tropfen Kaliumdichromat

3) SO_4^{--} auch titrimetrisch. Der Extrakt wurde in einem Kationen-Austauscher 2-3 mal ausgewaschen und der von Kationen befreite Extrakt dann mit Standard $BaCl_2$ (0,05 n) titriert.

- Indikatoren: 1) 15 cm³ Nonaaneous solvent oder
98 % Äthylalkohol
2) 1-3 Tropfen Sulfaver Indikator.

7. Untersuchungsergebnisse

Dränung und Bodenauswaschung bilden gemeinsam die Grundlagen für eine dauerhafte Kontrolle der Bodenversalzung, sowie der Melioration von Salzböden. Beide Maßnahmen müssen als eine Einheit betrachtet werden, denn Auswaschung allein und Dränung allein reichen nicht aus. Die Auswaschung allein führt zu einer Erhöhung des Grundwassers und die Dränage bleibt ohne Wirkung, wenn das Sickerwasser keinen Anschluß an das Grundwasser gewinnt und sich folglich mit der Bewässerung Salz in der Wurzelzone akkumuliert (DIELEMANN 1963, zit. bei EL-HAKIM 1973). Zur Erzielung einer möglichst hohen Melioration der Salzböden in der Menemen-Ebene durch Dränung und Auswaschung mußten die beste Dränart und die richtige Dosierung der Auswaschungswassermenge herausgefunden werden.

In diesem Kapitel wird an Hand der Untersuchungsergebnisse dargelegt, wie sich die angewandten Dränarten und die verschiedene Dosierung der Auswaschungswassermenge auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften der untersuchten Böden ausgewirkt haben (siehe unter 5.2. Versuchsreihen S. 32).

7.1. Physikalische Eigenschaften und ihre Veränderungen

Bei den Untersuchungen wurden folgende physikalischen Eigenschaften berücksichtigt:

- a) Porenvolumen
- b) Porengrößenverteilung
- c) Korngrößenverteilung

- d) Feldkapazität
- e) Nutzbare Wasserkapazität
- f) Infiltrationsrate
- g) Bodenpermeabilität

7.1.1. Tonrohrdränung (Parzelle A, B, C)

Parzelle A:

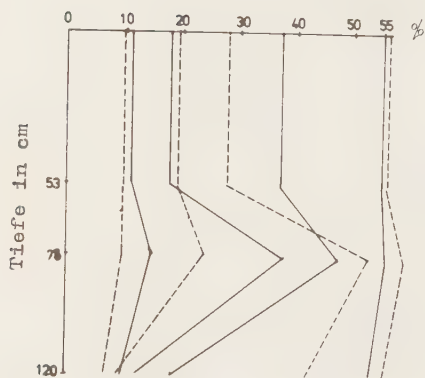
Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Zahl der Wasser- gaben	Evapo- ration mm	Versicke- rung mm	
Tonrohr	1 1/2	264	1584	6	224	1360

Gesamtporenvolumen (GPV), Porengrößenverteilung (PGV):

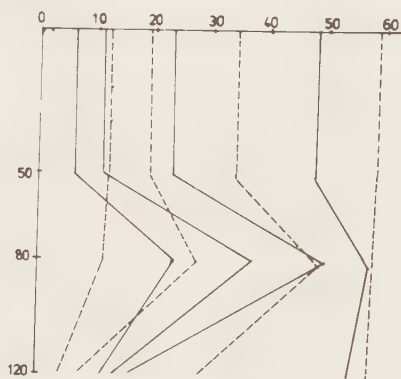
Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens und der Porengrößenverteilung vor und nach der Auswaschung sind in Anhang 1 zusammengestellt. In der Tiefe (0-120 cm) schwankt das Gesamtporenvolumen (GPV) vor der Auswaschung zwischen 52,6 und 57,6 % und nach der Auswaschung von 51,8 - 58,6 % (Abb. 6). Somit ist keine nennenswerte Veränderung zu erkennen.

Bei genauer Betrachtung stellt man jedoch fest, daß das GPV, mit Ausnahme der Proben mit einer Dränrohrentfernung von 7,5 und 10 m (Tiefe 80-120 bzw. 74-120 cm), nach der Auswaschung eine schwache Zunahme erfährt. Die Veränderungen in den verschiedenen Porenbereichen sind unterschiedlich (Abb. 6). Abgesehen von Schwankungen sind folgende Tendenzen festzustellen: Abnahme der selbstdränenden Grobporen ($> 50 \mu$); die schnelldränenden Grobporen ($10-50 \mu$) zeigen keine Veränderung und

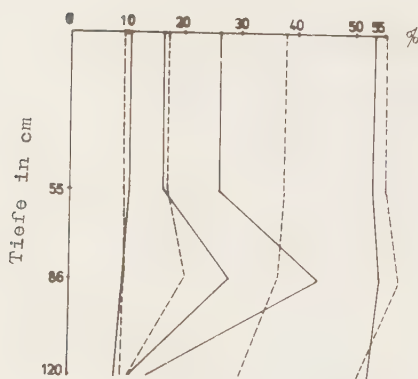
Abb:6 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Porenverteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Tonrohr-Dränung , Parzelle A



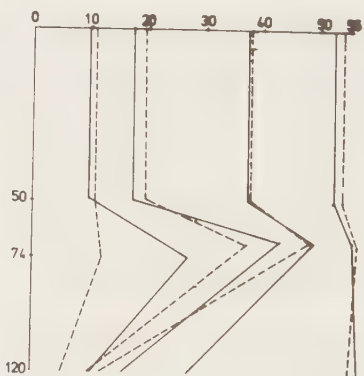
2,5 m vom Dränrohr entfernt



5,0 m vom Dränrohr entfernt



7,5 m vom Dränrohr entfernt



10,0 m vom Dränrohr entfernt

— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: GP₁ (>50 μ),
GP₂ (50-10 μ), MP (10-0,2 μ), FP (<0,2 μ)

bei Mittelporen ($10 - 0,2 \mu$) ist eine Zunahme zu registrieren. Die Feinporen ($< 0,2 \mu$) verzeichnen unregelmäßige Veränderungen ohne Tendenz. Die prozentuale Verteilung der einzelnen Porenbereiche an GPV zeigt ein ähnliches Bild (Anhang 2). Hervorzuheben ist die Abnahme der Poren ($10 - 50 \mu$) in der Tiefe $50 - 80 \text{ cm}$. Eindeutigere Aussagen über die Porenverteilung dürfte jedoch beim Bezug auf die Gesamteinheit der festen Bodensubstanz zu erwarten sein und nicht beim Bezug auf die Volumeneinheit des Gesamtbodens (EHLERS 1973).

Als Ursache für die Abnahme der Grobporen ($10 - 50 \mu$ und über $> 50 \mu$) kann eine schwache Verdichtung bzw. Verschlammung angesehen werden, die durch starke Auswaschung (Zerfall der Aggregate) und durch Zufuhr der im Bewässerungswasser mitgeführten Schwebstoffe (IMAMOGLU 1973) hervorgerufen wurde. Diese Annahme wird durch die Feststellungen gestützt, daß die Infiltrationsrate und Permeabilität nach der Auswaschung abnehmen.

Die Diskrepanz, daß das GPV nach der Auswaschung trotz der Verdichtung und Verschlammung eine schwache Zunahme zeigt, kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Zum Beispiel:

- Zufuhr von Schwebstoffen. Wie bekannt, steigt mit abnehmendem Korndurchmesser das Gesamt-Porenvolumen, während das Volumengewicht sinkt.
- Jahreszeitliche Änderungen des Gesamtporenvolumens. EHLERS (1973) beobachtete in deutschen Lößböden im Frühjahr und Herbst höhere GPV-Werte als im Sommer.

Da es sich bei den Versuchsflächen um alluvialen Boden handelt, dessen Eigenschaften auf engsten Raum sowohl horizontal, als auch vertikal betrachtet relativ stark schwanken, unterliegen auch die Gesamtporenvolumen-

Werte und die PGV-Werte erwartungsgemäß großen Schwankungen. Daher ist es schwer festzustellen, durch welche Faktoren die Veränderungen hervorgerufen werden.

Feldkapazität (FK), Nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

Die FK-Werte vor der Auswaschung (Anhang 3) bewegen sich im Oberboden (0-53 cm) zwischen 35,1 % und 37,3 %, in der Tiefe (53-80 cm) zwischen 12,6 % und 26,2 % und im Unterboden (80-120 cm) zwischen 40,8 % und 42,1 %. Nach der Auswaschung liegen sie zwischen 34,6 % und 39,3 % (0-53 cm), 13,2 % und 37,6 % (53-80 cm) und 45,0 - 60,4 % (80-120 cm). Somit ist nach der Auswaschung im Bereich 53-120 cm eine starke Zunahme der FK-Werte zu erkennen, während im Oberboden mehr oder weniger die Werte konstant bleiben. Ursache: Zunahme des Tongehaltes, da mit zunehmendem Tongehalt des Bodens die Sorptionsfähigkeit und damit die FK steigt.

Die NWK-Werte vor der Auswaschung (Anhang 3) liegen in der Größenordnung zwischen 18,8 und 25,1 mm (0-53 cm), 8,00 und 18,3 mm (53-80 cm) und 14,2 mm und 19,5 mm (80-120 cm). Nach der Auswaschung bewegen sie sich im Oberboden zwischen 18,9 mm und 25,4 mm, in der Tiefe von 53-80 cm zwischen 13,0 mm und 30,3 mm und im Unterboden (80-120 cm) zwischen 14,6 mm und 47,1 mm. Eindeutige Aussagen lassen sich aus der Gegenüberstellung der einzelnen Werte vor und nach der Auswaschung kaum treffen. Hinsichtlich der Auswirkung der Auswaschung auf die NWK ist im Oberboden keine regelmäßige Tendenz zu erkennen, da sie großen Schwankungen unterliegt. Dagegen ist im Bereich 53-120 cm mit einer Ausnahme (Entfernung 10 m, Tiefe 80-120 cm) nach der Auswaschung eine deutliche Zunahme der NWK-Werte festzustellen. Dies ist bedingt durch die Zunahme der FK und des Porenwasservolumens.

Nach der Auswaschung sinkt die Infiltrationsrate von 17,7 mm/h auf 4,4 mm/h ab (Anhang 5). Das Absinken der Infiltrationsrate nach der Auswaschung muß auf die verschlammende Wirkung des Wassers zurückgeführt werden. Hinzu kommt die Zufuhr von Schwebstoffen mit dem Bewässerungswasser. Auch die Permeabilität zeigt eine Abnahme (Anhang 4).

Textur:

Wie aus Anhang 1 zu ersehen ist, überwiegt in dem untersuchten Boden das feine Material (kleiner als 60 μ). Vor der Auswaschung beträgt der Tongehalt 10,9 bis 15 % und der Anteil der Schlufffraktion ist verhältnismäßig hoch (49,3 - 62,3 %). Der Sandgehalt (grob und fein) liegt zwischen 25,1 und 37,3 %. Erwartungsgemäß (Alluvial-Boden) bleibt der Anteil der Grobsandfraktion unter 3,8 %.

Die Ursache für die Tonzunahme nach der Auswaschung ist:

- a) Schwebstoffe
- b) Zerfall der Aggregate, wodurch ein besserer Dispergierungseffekt bei der Schlämmanalyse erreicht wird.

Für die Schluffabnahme:

bei prozentualer Rechnung kann der Eindruck entstehen, daß mit zunehmendem Tonanteil die absolute Menge des Schluffanteils sinkt.

Parzelle B:

Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Gesamt	Zahl der Was- serga- ben	Eva- poration mm	Versicke- rung mm
Tonrohr	1	176	1232	7	234	998

Gesamtporenvolumen (GPV) und Porengrößenverteilung (PGV):

Im Gegensatz zum geringfügigen Anstieg bei der Auswaschung der Parzelle A ist hier nach der Auswaschung eine schwache Abnahme des GPV zu erkennen (Anhang 6). Die GPV-Werte liegen nämlich vor der Auswaschung zwischen 52,6 und 63,8 %, nach der Auswaschung zwischen 48,5 und 57,9 %. Sie weisen wiederum große Schwankungen auf, welche, wie schon erwähnt, auf die Eigenschaften der Alluvialböden zurückzuführen sind.

Betrachtet man die Veränderungen der verschiedenen Porenbereiche, so zeigt sich das folgende Bild (Anhang 2):

GP ($> 50 \mu$): vor der Auswaschung:

19,8 - 44,1 % an GPV eine ausgeprägte
Abnahme

nach der Auswaschung:

0,7 - 24,3 %

GP (10-50 μ): vor der Auswaschung:

1,1 - 15,3 % eine deutliche Zu-
nahme

nach der Auswaschung:

3,5 - 26,2 %

MP (10- 2 μ): vor der Auswaschung:

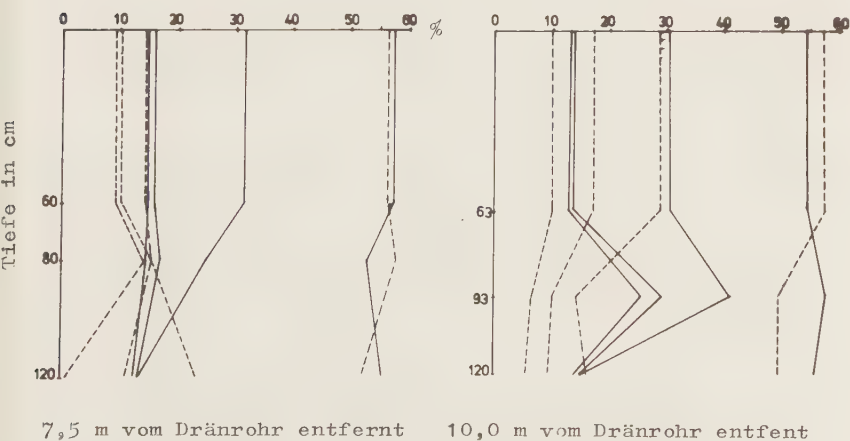
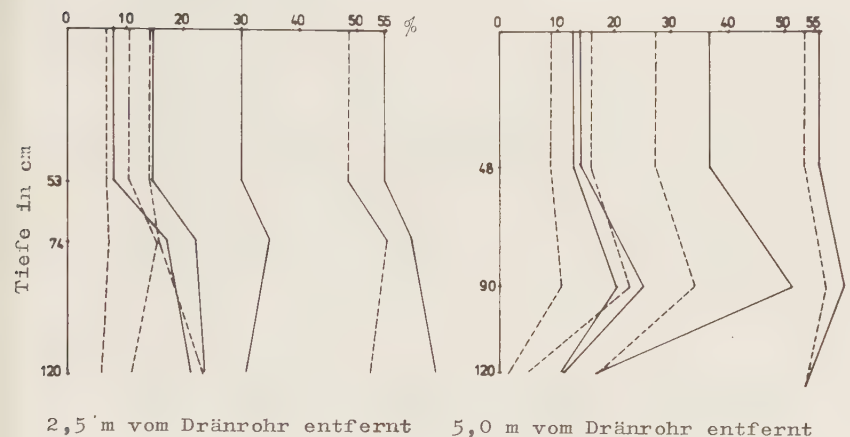
0,2 - 42,6 %

nach der Auswaschung:

0,2 - 33,7 %

auf den ersten Blick ist eine Abnahme zu erkennen. Bei der Gegenüberstellung einzelner Werte ist jedoch im Oberboden eine Abnahme, dagegen im Unterboden eine Zunahme festzustellen

Abb:7 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Porenverteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Tonrohr-Dränung , Parzelle B



— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: $GP_1 (>50\mu)$,
 $GP_2 (50-10\mu)$, $MP (10-0,2\mu)$, $FP (<0,2)$

FP (0,2 μ): vor der Auswaschung: 12,8 - 77,1 %
nach der Auswaschung: 28,8 - 75,8 %
mit Ausnahme der Proben aus der Entfernung 7,5 m des Dränrohrs steigen die FP-Werte an. Dagegen unterliegen sie im Unterboden großen Schwankungen, so daß eine Aussage nicht möglich ist.

Beim Bezug auf die Volumeneinheit des Gesamtbodens wurden auch gleiche Tendenzen gefunden (Abb. 7). Die obenangeführten Werte machen deutlich, daß durch die Auswaschung hauptsächlich die GP betroffen wurden. Der Rückgang der GP bzw. des Gesamtporenvolumens läßt sich mit einer Verdichtung und Verschlämmung des Bodens und mit der Zufuhr der Schwebstoffe erklären.

Feldkapazität, Nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

Wie bei der starken Auswaschung 264 mm je Gabe ist auch auf Parzelle B nach der Auswaschung eine Zunahme der FK und NWK zu verzeichnen (Anhang 7). Die FK-Werte bewegen sich nach der Auswaschung zwischen 28,6 % und 59,7 % (vor der Auswaschung 15,1 - 40,8 %) und die NWK-Werte schwanken nach der Auswaschung zwischen 12,2 mm und 32,0 mm (vor der Auswaschung 9,3 - 26,9 mm). Da für die FK-Werte ein pF-Wert von 1,8 oder 2,5 als Maß zugrunde gelegt wird, ist der Anstieg der FK-Werte mit der Zunahme des Porenanteils von <50 u bzw. $<2,54$ pF zu erklären.

Im Gegensatz zu den FK-, und NWK-Werten erfahren die Infiltrationsrate und die Permeabilität eine Abnahme (Anhang 4 und 8). Die Infiltrationsrate sinkt nach der Auswaschung von 17,7 mm/h auf 4,7 mm/h. Als Ursache da-

für, wie vorher erwähnt wurde, kann die Verdichtung und Verschlümmung angesehen werden.

Textur:

Nach der Auswaschung ist eine Zunahme der Tonfraktion festzustellen, während die Schlufffraktion eine schwache Abnahme aufweist (Anhang 6). Der Tongehalt stieg nach der Auswaschung auf 31,0 % an. Demgegenüber ist beim Schluffgehalt eine leichte Abnahme zu verzeichnen.

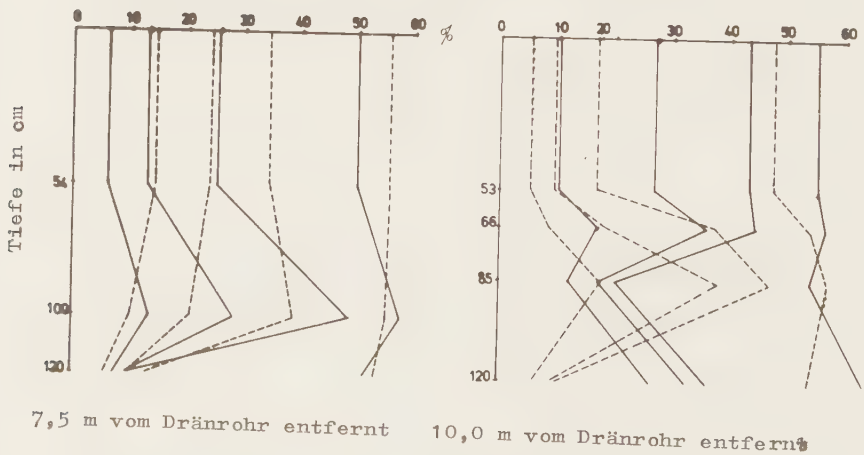
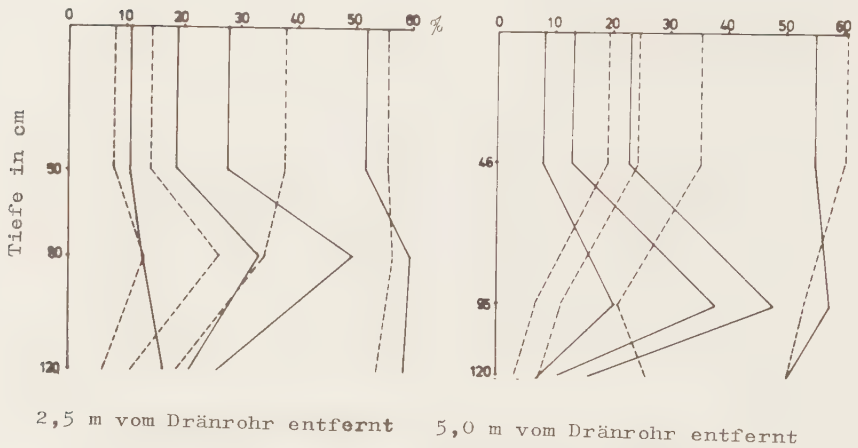
Parzelle C:

Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Zahl der Gesamt Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm	
Tonrohr	1/2	88	880	10	165	715

Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung:

Die GPV-Werte schwanken vor der Auswaschung zwischen 50,2 - 64,8 % bei einer Entfernung vom Dränrohr von 7,5 bzw. 10 m und danach zwischen 48,1 - 66,8 % (Anhang 9). Auf Grund dieser großen Schwankungen ist es nicht möglich, eine regelmäßige Veränderung des Gesamtporenvolumens infolge der Auswaschung festzustellen. Dagegen zeigt der Anteil der verschiedenen Porenbereiche eine Veränderungstendenz und zwar einen Anstieg der MP und FP zu Lasten einer Abnahme des GP (Abb. 8 und Anhang 2).

Abb: 8 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Porenverteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Tonrohr-Dränung , Parzelle C



— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: GP₁ (>50),
GP₂ (50-10μ), MP (10-0,2μ), FP (<0,2)

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK),
Infiltrationsrate und Permeabilität:

Während die FK-Werte vor der Auswaschung 19,7 bzw. 42,5 % betrugen, stiegen sie nach der Auswaschung auf 30,6 bzw. 55,6 % an (Anhang 10). Auch bei NWK-Werten ist ein Anstieg von 10,6 bzw. 22,7 % auf 15,8 - 36,7 % zu verzeichnen. Somit tritt eine ansteigende Tendenz wie in den vorher beschriebenen Parzellen auch in dieser Parzelle auf.

Die Infiltrationsrate weist auch hier eine Abnahme auf (vor der Auswaschung 17,8 mm/h, nach der Auswaschung 10,3 mm/h). Demnach liegt sie relativ höher als die der Parzelle A bzw. B. Verdichtung und Verschlämmung, sowie Zufuhr von Schwebstoffen haben hier im geringen Umfang stattgefunden. Die gleiche Tendenz ist auch bei der Permeabilität zu erkennen (Anhang 11).

Textur:

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung sind in Anhang 9 zusammengestellt. Nach der Auswaschung ist eine sehr geringe Zunahme des Tonanteils zu Lasten des Schluffanteils nachzuweisen. Berücksichtigt man jedoch die große Schwankungsbreite, so scheint die Annahme, daß die Korngrößenverteilung mehr oder weniger erhalten geblieben ist, richtiger zu sein.

7.1.2. Plastikrohrdränung (Parzelle D, E, F)

Parzelle D:

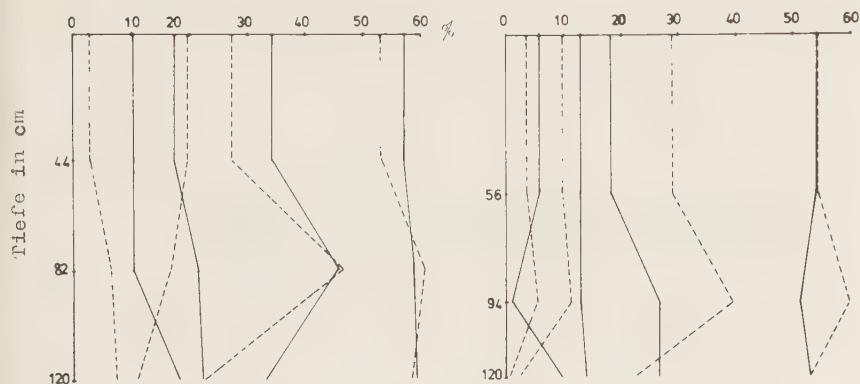
Dränart	Dosis der Wasser- gaben	Wassergabe mm je Gabe	Gesamt	Zahl der Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm
Plastik- rohr	1 1/2	264	1584	6	224	1360

Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung:

Die GPV-Werte bewegen sich vor der Auswaschung zwischen 51,2 und 63,8 % des Gesamtporenvolumens und nach der Auswaschung zwischen 52,7 und 60,6 % (Anhang 12). Die Werte unterliegen großen Schwankungen. Als Beispiel sollen die GPV-Werte von zwei Proben genannt werden. Bei einer Probe fällt der GPV-Wert nach der Auswaschung stark ab, nämlich von 63,4 auf 54,3 %. Dagegen nimmt der GPV-Wert der anderen Probe nach der Auswaschung stark zu und zwar von 51,2 auf 60,0 %. Bei einer solchen großen Schwankungsbreite ist es natürlich sehr schwer zu entscheiden, wie die Auswaschung auf das GPV gewirkt hat. Eindeutige Aussagen mit Berücksichtigung der Tiefe und der Entfernung vom Dränrohr sind daher nicht möglich.

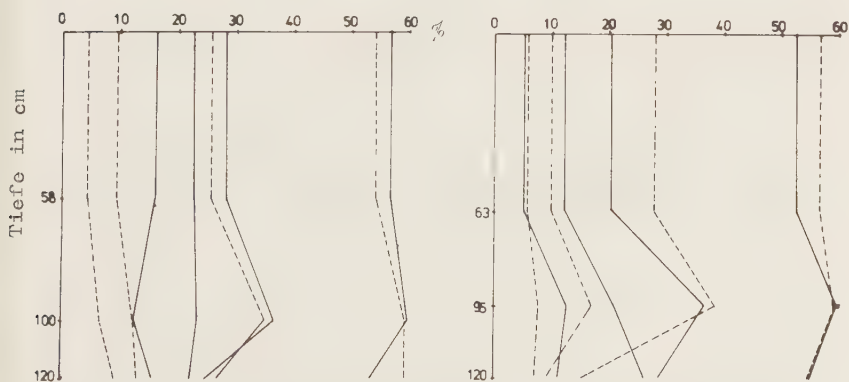
Im Gegensatz zum Gesamtporenvolumen weist die Porengrößenverteilung (Anhang 13 und Abb. 9) deutliche Veränderungen auf. Der prozentuale Anteil der Grobporen ($> 50 \mu$) am GPV sinkt von 30,7 % (maximal) auf 15,2 % (maximal) ab, ebenso wie der Porenanteil (10-50 μ)

Abb: 9 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Poren-
verteilung während des Untersuchungszeiteaumes in %
Plastikrohr-Dränung , Parzelle D



2,5 m vom Dränrohr entfernt

5,0 m vom Dränrohr entfernt



7,5 m vom Dränrohr entfernt

10,0 m vom Dränrohr entfernt

— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: $GP_1 (>50 \mu)$,
 $GP_2 (50-10 \mu)$, $MP (10-0,2 \mu)$, $FP (<0,2 \mu)$

von 21,0 % (maximal) auf 16,5 % (maximal), während der Anteil von mittleren Poren (10-2 μ) und feineren Poren ansteigt (vor der Auswaschung max. 41,5 bzw. 66,4 % und nach der Auswaschung max. 49,5 bzw. 72,2 %). Es tritt auch hier die gleiche Tendenz wie in Parzelle C auf, eine Abnahme der Grobporen und eine Zunahme der Mittel- und Feinporen.

Als Ursache für diese Veränderung ist auch hier Verdichtung und Verschlämmung anzunehmen.

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

Die FK- und NWK-Werte und die Infiltrationsrate betragen (Anhang 14):

	Vor der Auswaschung:	Nach der Auswaschung:
FK	36,5 - 41,5 %	42,2 - 56,4 %
NWK	11,4 - 27,2 mm	20,6 - 34,6 mm
Infiltrationsrate	14,7 mm/h	6,0 mm/h

Es nehmen Feldkapazität und nutzbare Wasserkapazität nach der Auswaschung zu, während Infiltrationsrate und Permeabilität abnehmen (Anhang 5 u. 15).

Textur:

Im Gegensatz zu den Parzellen A, B, C konnte keine Zunahme des Tonanteils in den verschiedenen Tiefen festgestellt werden (Anhang 12). Abgesehen von einigen Proben, deren Tonanteil etwa konstant bleibt, ist im Oberboden (0-80 bzw. 95 cm) eine Abnahme des Tonanteils zu verzeichnen. Dagegen weist der Tonanteil im

Unterboden (80-120 cm) eine Zunahme auf. Auch der Schluffanteil zeigt im oberen Bereich des Profils (0-45 bzw. 62 cm) eine Abnahme. Während er mit Ausnahme von zwei Proben im Bereich 45 bzw. 55-120 cm unverändert bleibt.

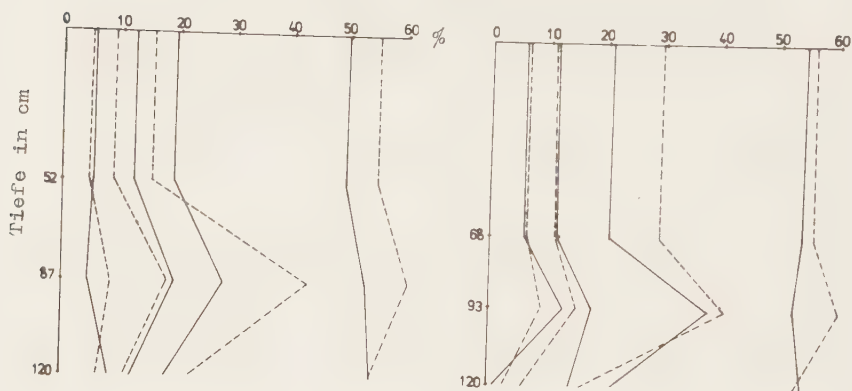
Parzelle E:

Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Gesamt	Zahl der Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm
Plastik- rohr	1	176	1408	8	226	1182

Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung:

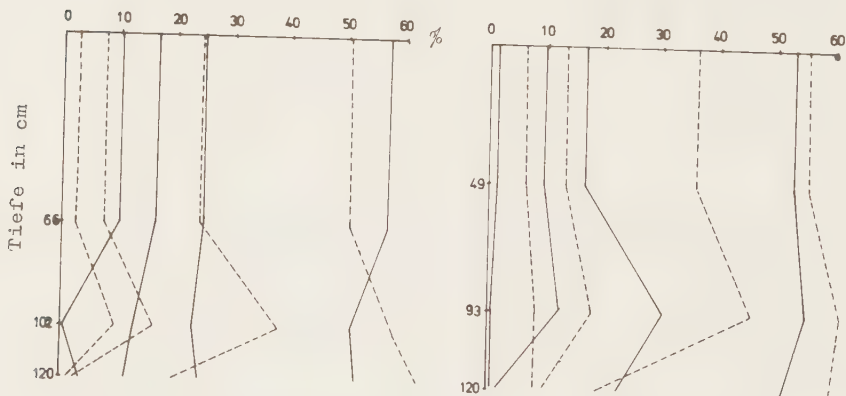
Im Unterschied zu den bisherigen Parzellen weisen die GPV-Werte der Parzelle E (mit Ausnahme zweier Proben) nach der Auswaschung eine ausgeprägte Zunahme auf. (Vor der Auswaschung 39,5 - 59,4 % und nach der Auswaschung 50,4 - 64,4 % Anhang 16). Die Frage, worauf die Zunahme zurückzuführen ist, ist schwer zu beantworten. Die Erklärung mit der Änderung des Ionenbelages kann nicht zutreffen, da der Anteil der Grobporen im Gegensatz zu GPV abnimmt, während der Anteil von MP und FP ansteigt, so daß das Verhältnis Grobporen zu MP und FP absinkt (Anhang 13 und Abb. 10), denn bei einer Änderung des Ionenbelages in Richtung Ca bzw. Mg-Zunahme und Na-Abnahme wäre mit einer Flockung der Kolloide zu rechnen, die sicherlich auch zur Erhöhung des dränenden Porenanteils führt. Aber wie bereits oben erwähnt wurde, tritt trotz der Abnahme des Na-Anteils am Sorptionskomplex keine Erhöhung des Grobporenanteils ein. Für eine solche Erscheinung käme

Abb:10 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Poren-
verteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Plastikrohr-Dränung , Parzelle E



2,5 m vom Dränrohr entfernt

5,0 m vom Dränrohr entfernt



7,5 m vom Dränrohr entfernt

10,0 m vom Dränrohr entfernt

— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: GP₁ ($>50\mu$),
GP₂ ($50-10\mu$), MP ($10-0,2\mu$), FP ($<0,2\mu$)

als Ursache noch die Qualität des Bewässerungswassers in Frage. Denn wenn der Salzboden plötzlich mit "gutem", d.h. salzfreiem Wasser bewässert wird, wird der vorher ausgeflockte Boden entflockt, d.h., er dispergiert und quillt, die Bodenstruktur wird zerstört und die dränenden Porennetze werden vernichtet (WEBBER, 1972). Aber das hier, im Rahmen dieser Arbeit verbrauchte Auswaschungswasser, weist nach dem Diagramm von RICHARDS eine mäßige Salinität (C_2) und ein geringes Natrium-Adsorptions-Verhältnis (S_1) auf. Daher wird als Ursache für die Zunahme der feinen Poren mit gleichzeitiger Abnahme der groben Poren nicht die Qualität des Wassers angesehen, sondern folgende Faktoren:

- a) Der Boden befindet sich in ausgeflockten, krümelig-losem Zustand. Soweit sich unterhalb der Fließgrenze eines derartigen Bodens überhaupt gröbere Aggregate bilden können, zerfallen sie bei jeder Feuchteperiode immer wieder.
- b) Durch die Zufuhr der Schwebstoffe (nach IMAMOGLU, 1973 ca. 1509 kg Schwebstoffe pro Hektar in einer Bewässerungssaison) steigt der Anteil der feinen Poren.

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

Die allgemeine Tendenz tritt auch hier auf. Die FK- und NWK-Werte nehmen nach der Auswaschung zu, dagegen sinken Infiltrationsrate und die Permeabilität ab (Anhang 5 und 18) .

Die Werte betragen:

	Vor der Auswaschung	Nach der Auswaschung
FK-Werte	33,9 - 49,6 %	42,0 - 60,1 %
NWK-Werte	13,1 - 30,0 mm	17,6 - 31,1 mm
Infiltrations- rate	14,1 mm/h	6,5 mm/h

Die Zunahme der NWK-Werte beruht auf der Erhöhung des Porenanteils von 0,2 - 10 μ (MP). Aber die Frage, worauf die Zunahme der FK-Werte trotz der Abnahme des Porenanteils von 10 - 50 μ zurückzuführen ist, bleibt dahingestellt.

Textur:

Wie man aus dem Anhang 16 ersieht, nimmt der Tonanteil nach der Auswaschung im Oberboden (0-50 cm) zu, während der Schluffanteil abnimmt. Im Unterboden (50-120 cm) tritt eine umgekehrte Tendenz auf, d.h., Abnahme des Tonanteils, und Zunahme des Schluffanteils.

Parzelle F:

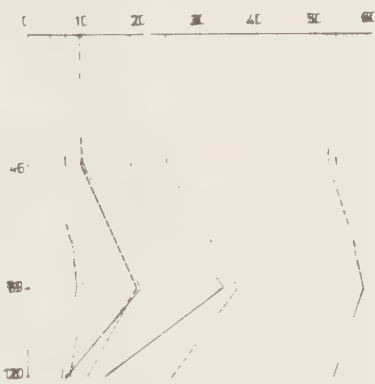
Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Zahl der Gesamt Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm	
Plastik- rohr	1/2	88	792	9	161	631

Gesamtporenvolumen (GPV) und Porengrößenverteilung (PGV):

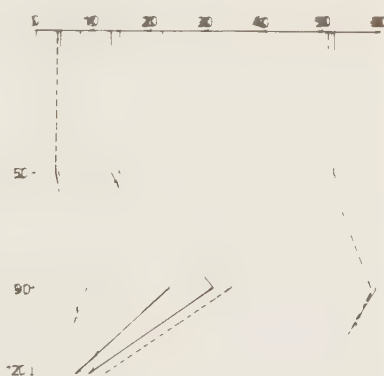
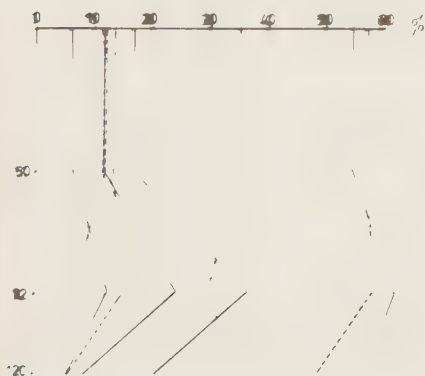
Die GPV-Werte liegen vor der Auswaschung zwischen 48,3 und 62,0 % und nach der Auswaschung zwischen 48,2 und

Abb:11 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Porenverteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Plastikrohr-Dränung , Parzelle F

Tiefe in cm



Tiefe in cm



— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: GP₁ ($>50\mu$)
GP₂ ($50-10\mu$), MP ($10-0,2\mu$), LP ($<0,2\mu$)

59,7 % (Anhang 19). Abgesehen von Schwankungen ist keine Veränderung des Gesamtporenvolumens zu erkennen. Dagegen zeigen die einzelnen Porenbereiche folgende Veränderungen (Anhang 13 und Abb. 11): Grobporen ($> 50 \mu$): Abnahme (mit Schwankungen), Grobporen ($10-50 \mu$): Abnahme, Mittelporen ($0,2-10 \mu$): starke Zunahme, Feinporen ($< 0,2 \mu$): starke Abnahme. Auch das Verhältnis FP + MP zu GP weist nach der Auswaschung eine Zunahme auf. Die Abnahme des Grobporenanteils ist auf die geringe Stabilität der Aggregate, die schon bei schwacher Befeuchtung zerfallen, zurückzuführen. Als Ursache für die Abnahme der Feinporen zugunsten der Mittelporen dürfte dagegen die Änderung des Ionenbelages angesehen werden. Die Änderung des Ionenbelages bewirkt wahrscheinlich eine Flockung der Kolloide, die vorher in dispergierter Form vorlagen. Somit kommt es zur Bildung von Aggregaten. Die Aggregatneubildung und die Zerstörung der groben Poren führten letzten Endes zur Erhöhung des mittleren Porenanteils. Hinzu kommt noch die Abnahme des Tonanteils, die eine Abnahme des Feinporenanteils zur Folge hat.

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

Die FK- und NWK-Werte bewegen sich wie folgt (Anhang 20):

	Vor der Auswaschung	Nach der Auswaschung
FK-Werte	34,3 - 50,4 %	39,5 - 54,2 %
NWK-Werte	12,1 - 29,5 mm	20,2 - 43,6 mm

Die Infiltrationsrate nimmt ab und zwar geht sie von 14,3 mm/h auf 11,2 mm/h zurück (Anhang 5). Aber die Abnahme ist nicht weniger ausgeprägt, als bei den bis-

her beschriebenen Parzellen. Bei der Permeabilität ist ebenfalls eine Abnahme zu erkennen (Anhang 21). Somit ist die allgemeine Tendenz, d.h., eine Abnahme der Infiltrationsrate, eine Zunahme der FK- und NwK-Werte, auch hier nachweisbar.

Textur:

Mit Ausnahme zweier Proben geht der Tonanteil nach der Auswaschung zurück. Dagegen ist beim Schluffanteil eine Anstiegstendenz zu erkennen.

7.1.3. Dränung durch offene Gräben

Parzelle G:

Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Gesamt Wasser- gaben	Zahl der Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm
Graben- Dränung	1	176	1408	8	227	1181

Gesamtporenvolumen (GPV), Porengrößenverteilung (PGV):

Die GPV-Werte bewegen sich vor der Auswaschung zwischen 50,7 und 59,8 %. nach der Auswaschung zwischen 49,4 bis 58,5 % (Anhang 22). Aus der Gegenüberstellung der einzelnen GPV-Werte vor und nach der Auswaschung geht hervor, daß das GPV nach der Auswaschung eine schwache Abnahme erfahren hat. Diese Abnahme ist ausschließlich in dem Rückgang des Anteils der Grobporen (>50 μ und 10-50 μ) begründet. Da der Anteil der Mittel- und Feinporen (2-10 μ bzw. 0,2 μ) hierbei steigt und dadurch der Rückgang der Grobporen zum Teil ausge-

glichen wird, gibt allein das GPV als Summe aller Porenbereiche keine Aufschlüsse über die Wirkung der Meliorationsmaßnahmen auf die Porosität (Anhang 23 und Abb. 12).

Betrachtet man jedoch die einzelnen Porenbereiche vor und nach der Auswaschung, so stellt man fest, daß durch die Auswaschung ausgeprägte Veränderungen in den einzelnen Porenbereichen eingetreten sind: starke Abnahme des Grobporenanteils - da die GP schwach ausgebildet waren, wurden sie bei der Auswaschung zerstört - starke Zunahme des Mittelporenanteils durch Verschiebung im Ionenbelag der Kolloide.

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

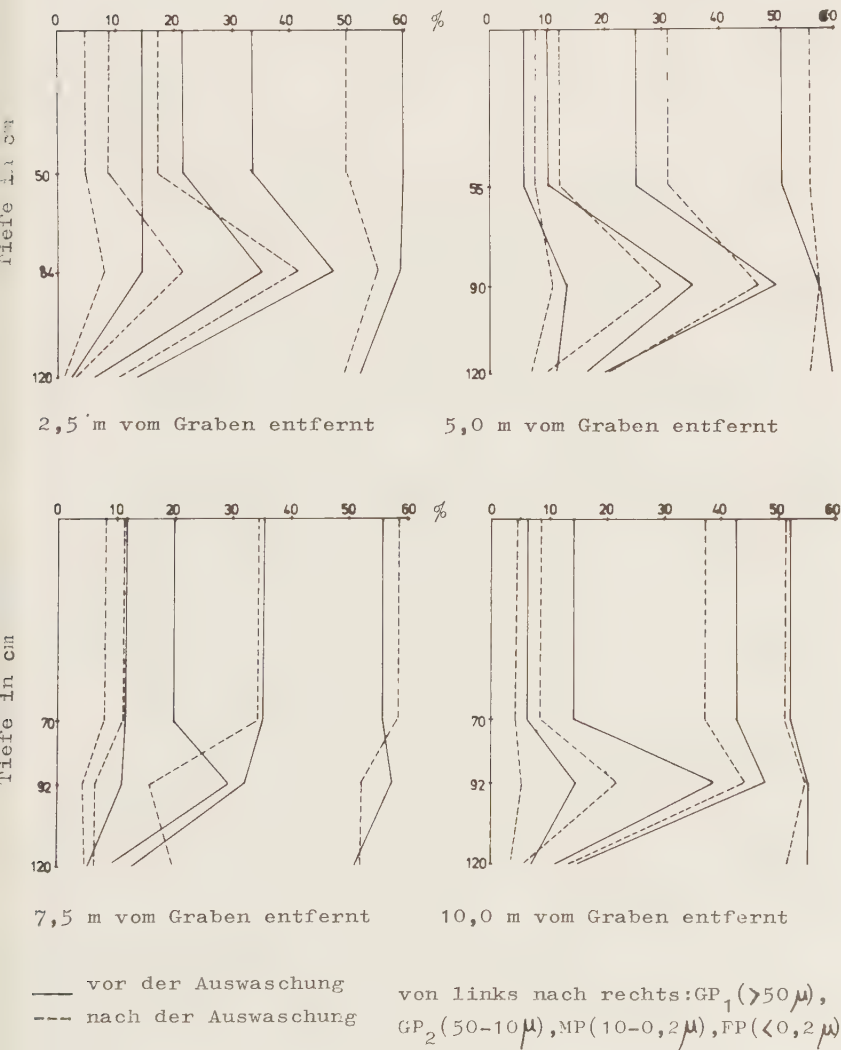
Bei allen Dränarten und Wassergaben findet man die gleiche Tendenz, nämlich die Zunahme der FK- und NWK-Werte nach der Auswaschung. Hier steigen auch die FK-Werte von 16,7 % bzw. 47,8 % auf 27,7 % bzw. 56,3 % und die NWK-Werte von 11,3 % bzw. 26,6 % auf 19,5 % bzw. 33,1 % (Anhang 24) an. Bei der Infiltrationsrate und Permeabilität ist ebenfalls die allgemeine abnehmende Tendenz zu erkennen. (Anhang 5 u. 25)

Textur:

Da die Entnahmetiefe der Proben vor und nach der Auswaschung unterschiedlich ist, ist ein direkter Vergleich des Anteils verschiedener Korngrößen bezüglich der Auswaschung nicht möglich (Anhang 22). Einschränkend ist jedoch festzustellen, daß der Tonanteil im Gegensatz zur Zunahme im Unterboden (47-120 cm), im Oberboden eine Abnahme aufweist. Beim Schluffanteil ist dagegen eine gegenläufige Tendenz zu erkennen.

Abb:12 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Poren-
verteilung während des Untersuchungszeitraumes in %

Offene Graben-Dränung , Parzelle G



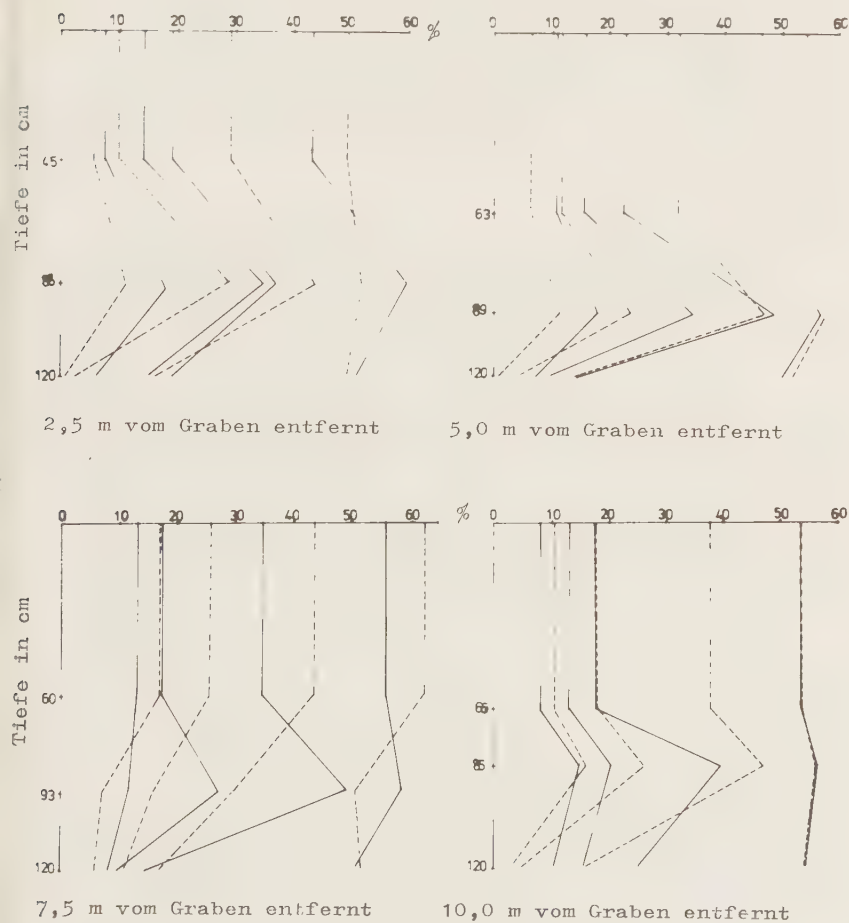
Parzelle H:

Dränart	Dosis der Wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Gesamt	Zahl der Wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm
Graben- Dränung	1/2	88	792	9	161	631

Gesamtporenvolumen (GPV), Porengrößenverteilung (PGV):

Abgesehen von Schwankungen ist keine nennenswerte Veränderung des Gesamtporenvolumens festzustellen (Anhang 26). Die GPV-Werte liegen vor der Auswaschung zwischen 43,0 und 59,8 % und nach der Auswaschung zwischen 49,1 und 62,8 %. Legt man nur die GPV-Werte zur Feststellung der Wirkung von Meliorationsmaßnahmen auf die Bodenporosität zugrunde, so entsteht der Eindruck, als ob die Meliorationsmaßnahmen keine Wirkung erzielt hätten. Berücksichtigt man aber noch die Veränderungen verschiedener Porengrößen, dann stellt sich heraus, daß das Verhältnis FP + MP zu GP nach der Auswaschung höher liegt, als das vor der Auswaschung (Anhang 23 und Abb. 13). Diese Erhöhung wurde durch den Rückgang der GP bzw. den Anstieg der MP hervorgerufen. Wie schon erwähnt, führte die Änderung des Ionenbelages durch die Bewässerung zur Aggregatbildung, so daß das Verhältnis FP zu MP zugunsten der MP zunahm, andererseits wurden die schwach gebildeten Grobporen bei der Auswaschung zerstört, wobei der Grobporenanteil abnahm. Ferner muß der Anstieg des Ton- bzw. Schluffanteils nach der Auswaschung berücksichtigt werden, da vielfach mit steigendem Anteil von Ton bzw. Schluff auch der Anteil der mittleren und feinen Poren zunimmt.

Abb. 13 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens, der Porenverteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Offene Graben-Dränung, Parzelle H



— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: $GP_1 (750 \mu)$,
 $GP_2 (50-10 \mu)$, $MP (10-0,2 \mu)$, $FP (<0,2 \mu)$

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK),
Infiltrationsrate und Permeabilität:

Die Wirkung verschiedener Dränarten und Dosen auf die FK - NWK-Werte, auf die Infiltrationsrate und die Permeabilität unterscheidet sich nur durch das Ausmaß der Ab- und Zunahme. Sonst nehmen in allen Parzellen FK- und NWK-Werte nach der Auswaschung zu und die Permeabilität und Infiltrationsrate ab (Anhang 27 und 28).

Die FK- und NWK-Werte sind auf dieser Parzelle:

	Vor der Auswaschung	Nach der Auswaschung
FK-Werte	22,2 - 41,3 %	24,9 - 49,3 %
NWK-Werte	8,3 - 24,4 mm	17,8 - 27,0 mm

Hingewiesen sei noch auf die Schwankungen der NWK-Werte und die Permeabilität. Sie sind bei den NWK-Werten durch eine Abnahme bei einer Entfernung vom Dränrohr von 7,5 m und Tiefe von 50-120 cm gekennzeichnet. In 10 m Entfernung vom Dränrohr sind keine Veränderungen festzustellen.

Textur:

Die Veränderungen der Korngrößenverteilung infolge Auswaschung können wie folgt zusammengefaßt werden (Anhang 26): Zunahme sowohl des Ton- als auch des Schluffanteils im Oberboden (0-45 cm), Abnahme des Schluffanteils in der Tiefe von 45-70 cm, in den anderen Tiefen keine nennenswerten Veränderungen.

Parzelle J:

Dränart	Dosis der wasser- gabe	Wassergabe mm je Gabe	Gesamt	Zahl der wasser- gaben	Eva- pora- tion mm	Versicke- rung mm
Graben- Dränung	1 1/2	264	1584	6	226	1360

Gesamtporenvolumen (GPV), Porengrößenverteilung (PGV):

Die GPV-Werte variieren vor der Auswaschung zwischen 52,3 und 65,7 %, nach der Auswaschung zwischen 52,3 und 61,2 % (Anhang 29). Die Schwankungen erschweren eine Aussage, jedoch könnte man auf eine schwache Abnahmetendenz schließen.

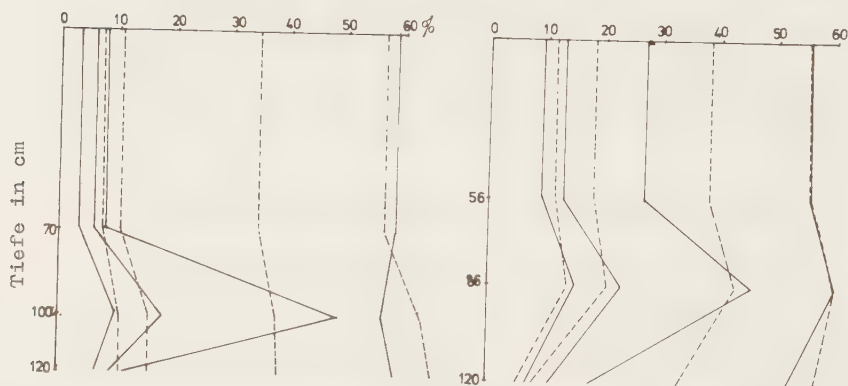
Das Verhältnis $\frac{FP + MP}{GP}$ ebenfalls der Anteil von

MP, steigen nach der Auswaschung an (Anhang 23 und Abb. 14). Dagegen geht der Anteil der GP zurück. Die Veränderung des FP-Anteils äußert sich in verschiedenen Tiefen unterschiedlich. Mit Ausnahme einer Probe nimmt der Anteil von FP im oberen und unteren Bereich des Profils ab, während er im mittleren Bereich des Profils zunimmt.

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK), Infiltrationsrate und Permeabilität:

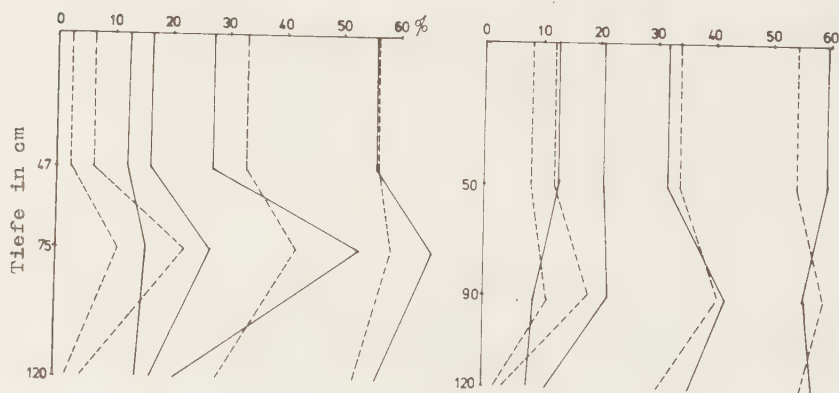
Auf Grund der Abnahme in 2,5 m Entfernung vom Dränrohr (in allen Tiefen) und nach zwei anderen Proben ist hier keine einheitliche Zunahme der FK-Werte, wie in den anderen Parzellen festzustellen (Anhang 30). Auch die NWK-Werte weisen größere Schwankungen auf. Aber trotzdem ist die allgemeine Tendenz, a.h., Zunahme der

Abb:14 Die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens , der Poren-
verteilung während des Untersuchungszeitraumes in %
Offene Graben-Dränung , Parzelle J



2,5 m vom Graben entfernt

5,0 m vom Graben entfernt



7,5 m vom Graben entfernt

10,0 m vom Graben entfernt

— vor der Auswaschung
--- nach der Auswaschung

von links nach rechts: GP₁ (>50μ),
GP₂ (50-10μ), MP (10-0,2μ), FP (<0,2μ)

FK-Werte und der NWK-Werte nach der Auswaschung, auch hier zu erkennen.

Die Infiltrationsrate ging nach der Auswaschung von 14,1 auf 6,1 zurück, während die Permeabilität etwa unverändert bleibt (Anhang 5 und 31).

Textur:

Die unterschiedliche Probeentnahmetiefe vor und nach der Auswaschung erschwert eine Aussage über die Änderung der Korngrößenverteilung wegen der Meliorationsmaßnahmen. Mit Einschränkung ist jedoch folgendes festzustellen: Ton: im mittleren Bereich eine Zunahme. Schluff: im Oberboden Zunahme, im mittleren und unteren Bereich abnehmende Tendenz (Anhang 29).

7.2. Chemische Eigenschaften und ihre Veränderungen

Es wurden folgende bodenchemischen Untersuchungen durchgeführt:

1. pH und freies Carbonat
2. Elektrische Leitfähigkeit ($EC \times 10^3$, gemessen in millimho/cm bei 25^0 C)
3. Lösliche Kationen (Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+) und lösliche Anionen (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--})
4. Austauschkapazität
5. Prozentualer Anteil von Natrium an der Austauschkapazität.

7.2.1. pH-Wert und freies Carbonat

Der pH-Wert wird als Maßzahl für Wasserstoff-Ionen-Konzentration bezeichnet. Der pH-Wert wird mehr oder weniger stark von den Arten der austauschbaren Kationen-Konzentrationen und die Arten der löslichen Salze im Boden beeinflusst. Niedrige und hohe pH-Werte können negative und positive Auswirkungen zeigen. Negative Effekte herrschen bei extremen Werten jedoch vor.

FIREMAN und WADLEIGHIN (1951) klassifizieren den Boden hinsichtlich chemischer Reaktionen wie folgt:

- 1) Wenn der pH-Wert größer als 8,5 ist, dann ist der prozentuale Anteil an austauschbarem Na größer als 15 % und zeigt das Vorhandensein alkalischer Karbonate.
- 2) Bei den Böden, bei denen der pH-Wert < 8,5 ist, kann der Gehalt an austauschbarem Na weniger aber auch mehr als 15 % der Austauschkapazität (T-Wert) sein.

Bei den hier behandelten Versuchen liegen die pH-Werte in den Tiefen 0-120 cm, vor der Behandlung im Bodenextrakt zwischen 6,90 und 7,35 (Anhang 32-43). Es zeigt sich in allen Entnahmetiefen nach Beendigung des Versuchs eine 20%ige Steigerung des pH-Wertes. Die Wasserstoff-Ionen-Konzentration verläuft umgekehrt zur Konzentration der leichtlöslichen Salze und zeigt eine leicht alkalische Verwitterung an.

Der Gehalt an freiem Carbonat beträgt in der Tiefe von 0-120 cm vor der Auswaschung etwa 7 % und zeigt inner-

halb des Profiles eine homogene Verteilung. wie bekannt. sind die Carbonate der Erdalkalimetalle wasserunlöslich. Daher ist eine Veränderung des Carbonatgehaltes infolge der Auswaschung nicht festzustellen.

7.2.2. Die elektrische Leitfähigkeit (EC)

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für die osmotisch wirksame Salzkonzentration in der Bodenlösung und ein Kriterium für den Boden als Pflanzenstandort. Die Maßeinheit bei der Bestimmung der EC von Bodenauszügen ist Millimho/cm., dabei ist 1 Millimho = 10^{-3} mho; 1 mho = 1/ohm, reziprokes Ohm (JANITZKY, 1957).

Den Salzgehalt des wässerigen Auszuges in Prozent gibt folgende Gleichung an:

$$\text{Salzgehalt (\%)} = \frac{EC_{25} \times 10^3 \times 0,064 \times \text{Sättigungsprozent}}{100}$$

Bei allen Varianten des Versuchsfeldes wurde vor der Auswaschung in den untersuchten Profilen in der Krume eine durchschnittliche Salzkonzentration von 3,78 % festgestellt (Anh. 32 - 43). In allen Profilen nimmt sie von der Bodenoberfläche nach der Tiefe hin ab.

Nach Beendigung der Auswaschungen wurden die Profile bei allen Varianten und Parzellen in einem Abstand von 3 m, 6 m, 9 m und 12 m Entfernung vom Dränrohr ausgehoben.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die Salzkonzentration bei allen Varianten und Entfernungen nach der Auswaschung abgenommen hat. Folgt man jedoch den Ab-

bildungen 15- 23 und vorgenannten Tabellen, so stellt man fest, daß die Abnahme in der oberen Schicht stärker ist als die in den unteren Tiefen.

Bei der Variante Tonrohrdränung mit je 264 mm in 6 Gaben wurde in den einzelnen Entfernungen eine gleichmäßige Abnahme der Salzkonzentration festgestellt.

Bei je 176 mm in 7 Gaben ist die Abnahme der Salzkonzentration gegenüber mit je 264 mm in 6 Gaben im Verhältnis geringer.

Bei der Behandlung mit je 88 mm in 10 Gaben fällt auf, daß die Abnahme der Salzkonzentration in den oberen Schichten mit je 264 mm in 6 Gaben etwa auf dem gleichen Niveau liegt (Abb. 17). In den einzelnen Entfernungen vom Dränrohr ist die Abnahme schlechter als bei den Vergleichsparzellen.

Bei der Variante Plastikrohrdränung, Durchmesser 8 cm, zeigen die Behandlungen mit je 264 mm in 6 Gaben und mit je 176 mm in 7 Gaben in den oberen Schichten eine gleichmäßige Abnahme der Salzkonzentration. Bei der Behandlung mit je 88 mm in 10 Gaben wird die Abnahme in den oberen Schichten der verschiedenen Entfernungen vom Dränrohr geringer (Abb. 18-20).

Bei der Variante "offener Graben" ist die Abnahme der Salzkonzentration in den oberen Schichten bei allen Behandlungsarten gleichmäßig (Abb. 21-23).

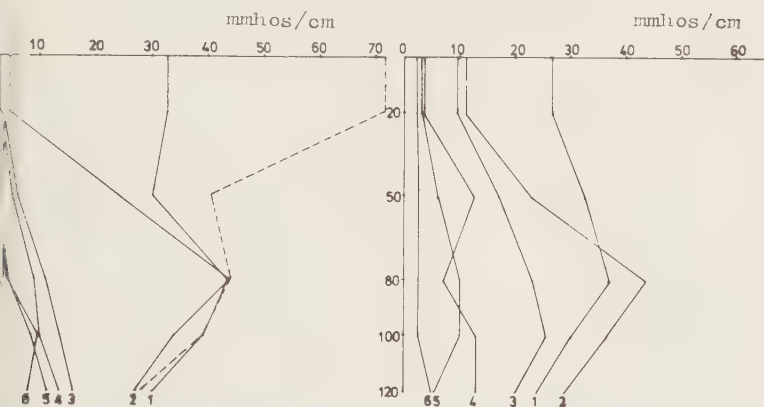
Im Verhältnis zu den beiden anderen Varianten (Tonrohr- und Plastikrohrdränung) ist die Abnahme ab 6 m Entfernung vom Dränrohr nach außen hin geringer.

Bei Tonrohr- und Plastikrohrdränung ist die Salzauswaschung unter der Krume bis zum Dränrohr nur bei hohen Wassergaben in allen Entfernungen zufriedenstellend.

15

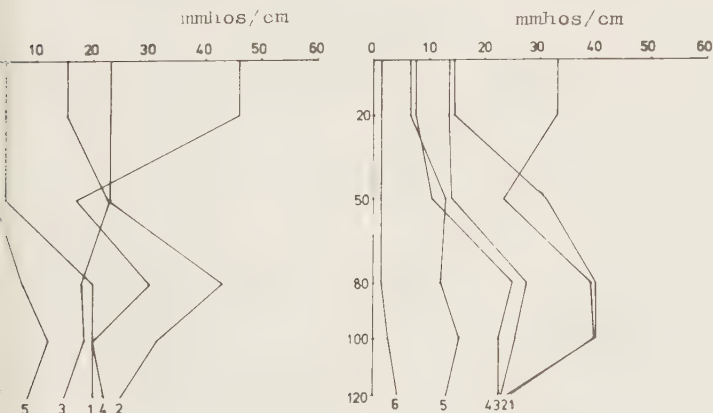
Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm

Tonrohr-Dränung Parzelle A



0 m vom Dränrohr entfernt

6 m vom Dränrohr entfernt



0 m vom Dränrohr entfernt

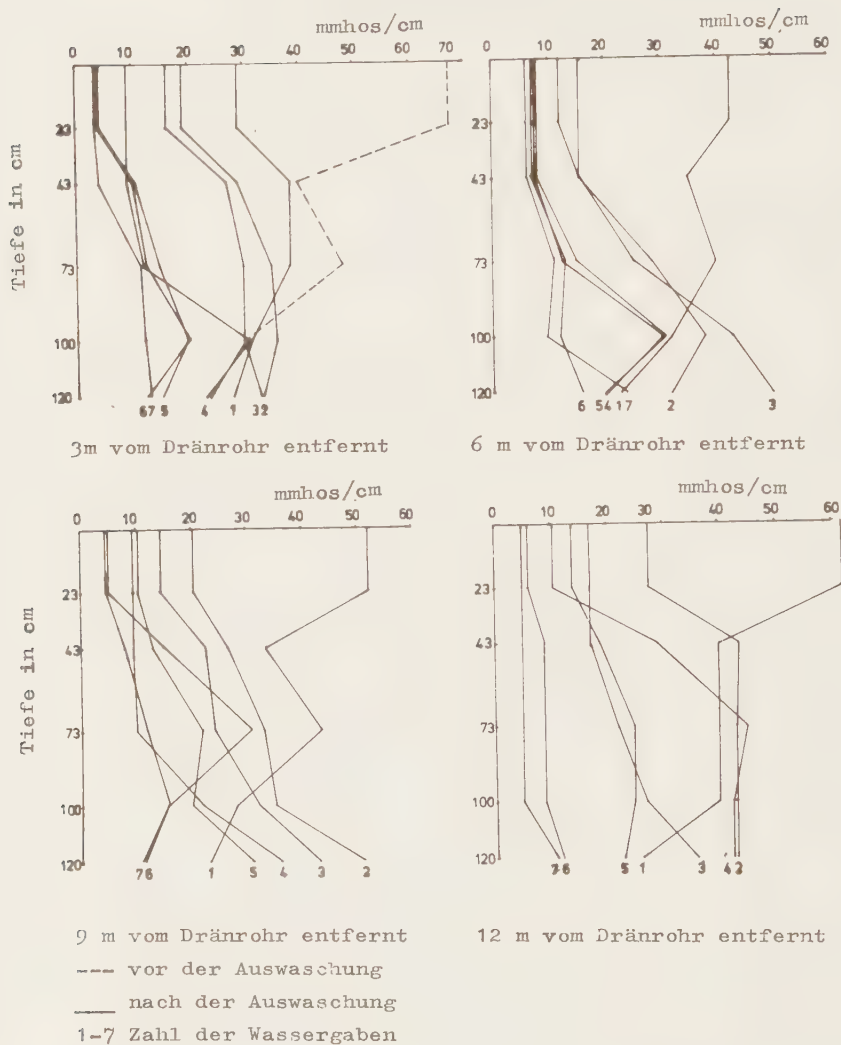
12 m vom Dränrohr entfernt

-- vor der Auswaschung

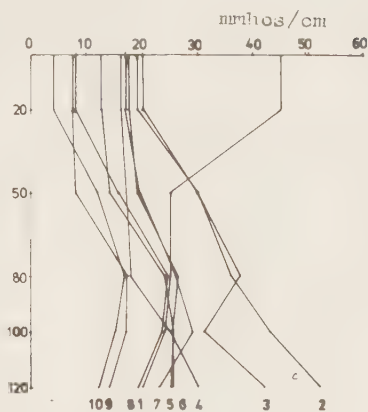
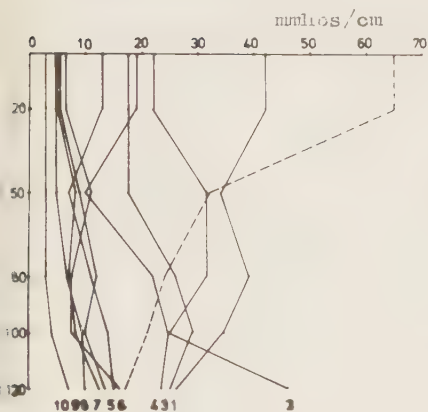
— nach der Auswaschung

6 Zahl der Wassergaben

Abb: 16 Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm
Tonrohr-Dränung Parzelle B

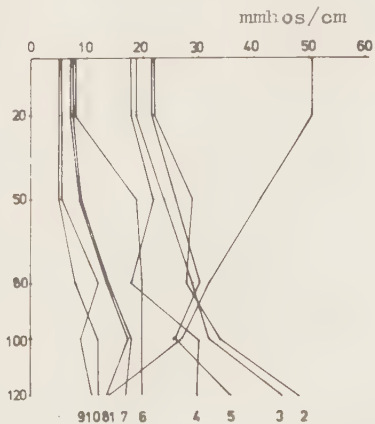
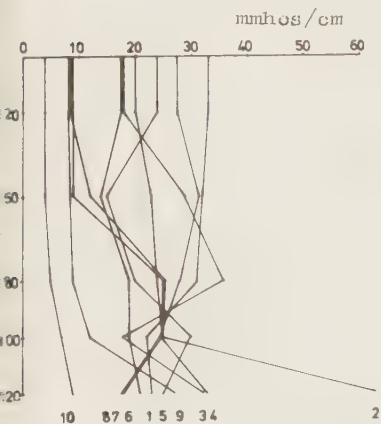


17 Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm
Tonrohr-Dränung Parzelle C



3 m vom Dränrohr entfernt

6 m vom Dränrohr entfernt



9 m vom Dränrohr entfernt

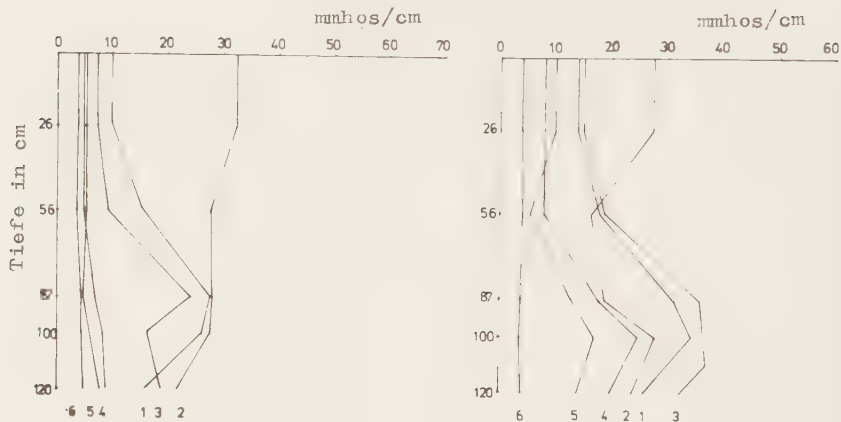
12 m vom Dränrohr entfernt

--- vor der Auswaschung

— nach der Auswaschung

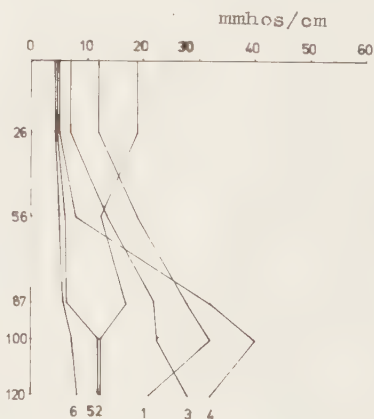
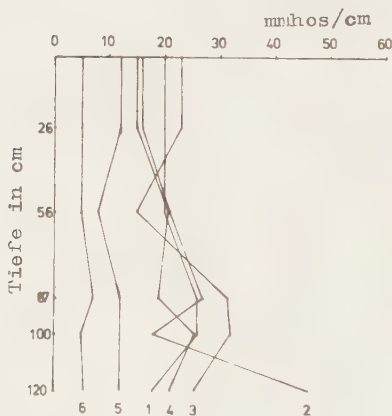
1-10 Zahl der Wassergaben

Abb: 18 Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm
Plastikrohr-Dränung Parzelle D



3 m vom Dränrohr entfernt

6 m vom Dränrohr entfernt



9 m vom Dränrohr entfernt

12 m vom Dränrohr entfernt

--- vor der Auswaschung

— nach der Auswaschung

1-6 Zahl der Wassergaben

Abb: 19

Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm

Plastikrohr-Dränung Parzelle E

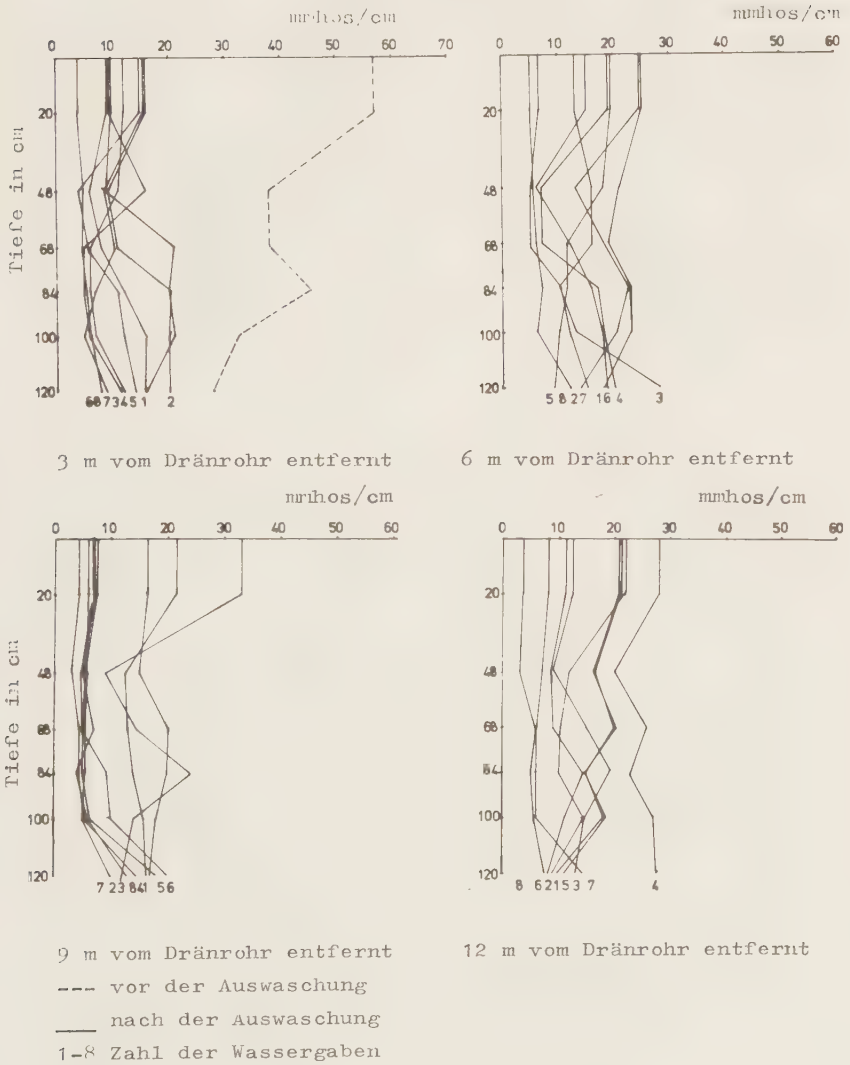


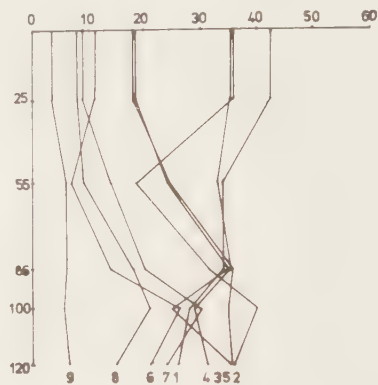
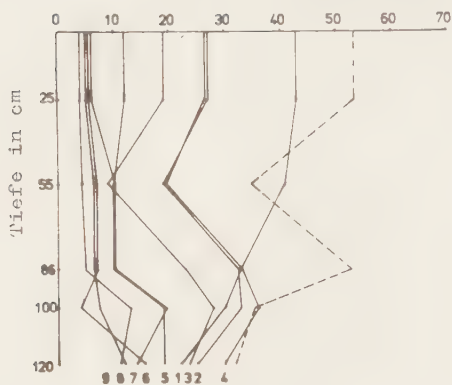
Abb: 20

Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm

Plastikrohr-Dränung Parzelle F

mmhos/cm

mmhos/cm

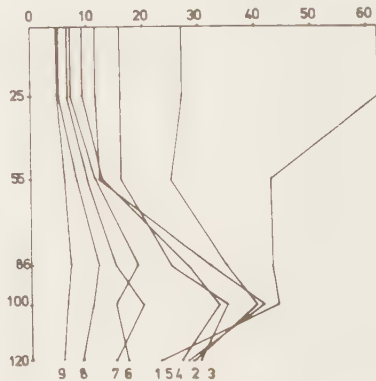
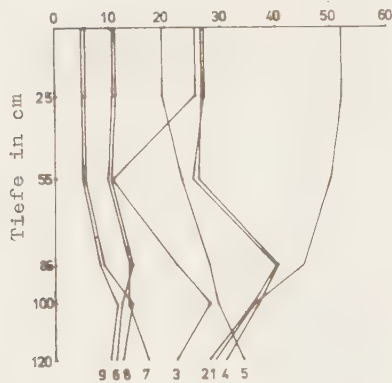


3 m vom Dränrohr entfernt

6 m vom Dränrohr entfernt

mmhos/cm

mmhos/cm



9 m vom Dränrohr entfernt

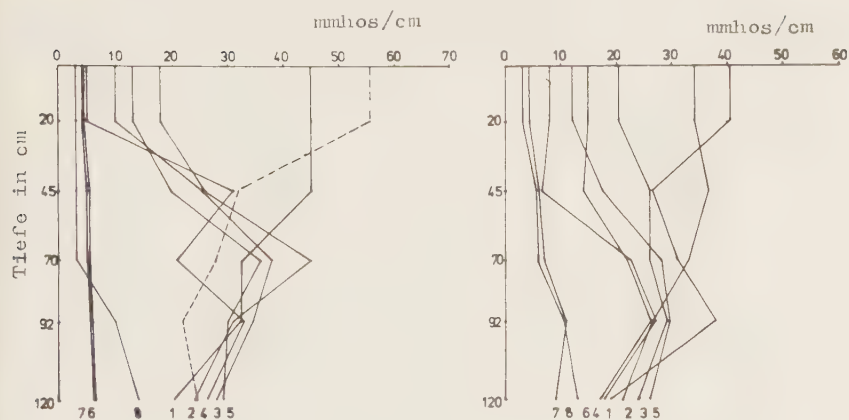
12 m vom Dränrohr entfernt

--- vor der Auswaschung

— nach der Auswaschung

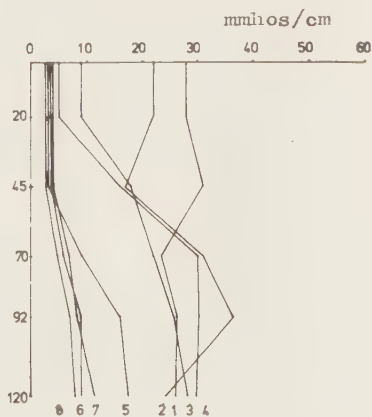
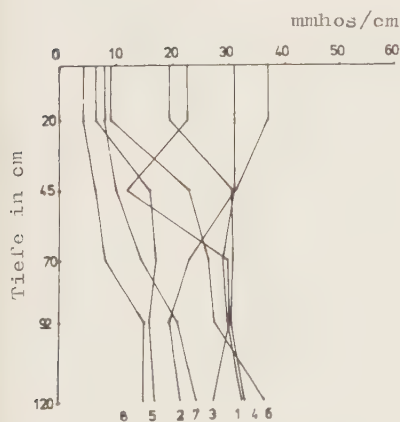
1-9 Zahl der Wassergaben

Abb: 21 Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm
Offene Graben-Dränung , Parzelle G



3 m vom Graben entfernt

6 m vom Graben entfernt



9 m vom Graben entfernt

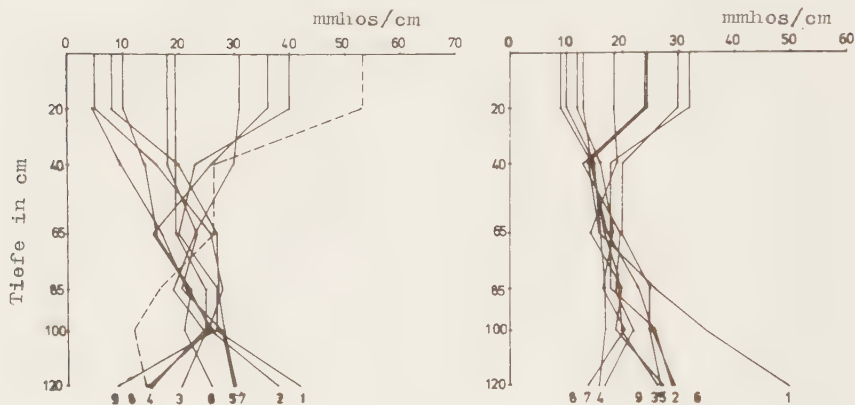
12 m vom Graben entfernt

--- vor der Auswaschung

— nach der Auswaschung

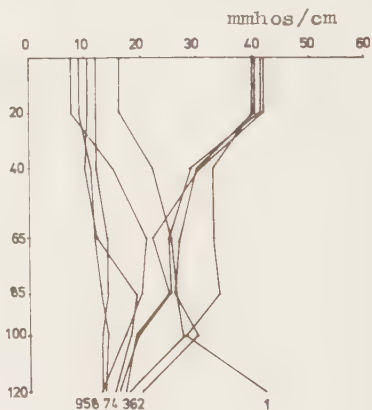
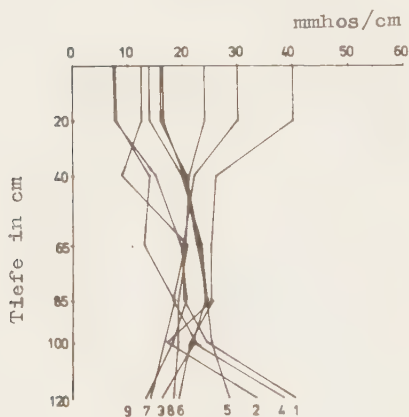
1-8 Zahl der Wassergaben

Abb:22 Elektrische Leitfähigkeit in mmhos / cm
Offene Graben-Dränung , Parzelle H



3 m vom Graben entfernt

6 m vom Graben entfernt



9 m vom Graben entfernt

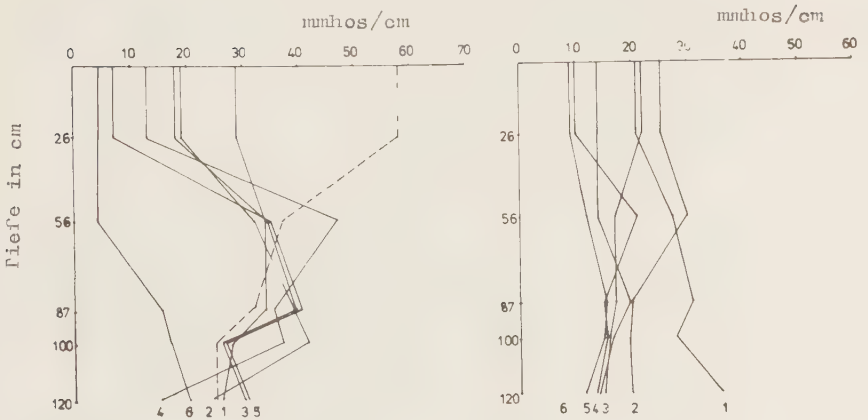
12 m vom Graben entfernt

--- vor der Auswaschung

— nach der Auswaschung

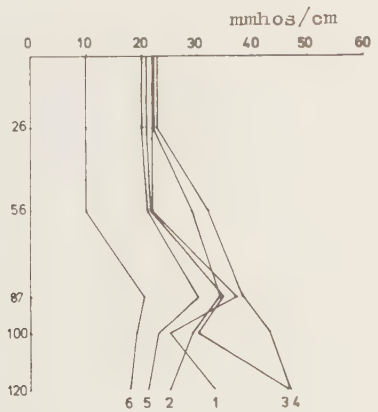
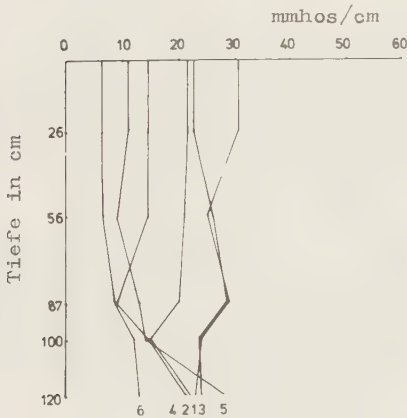
1-9 Zahl der Wassergaben

Abb. 23 Elektrische Leitfähigkeit in mmhos/cm
Offene Graben-Dränung, Parzelle J



3 m vom Graben entfernt

6 m vom Graben entfernt



9 m vom Graben entfernt

12 m vom Graben entfernt

--- vor der Auswaschung

— nach der Auswaschung

1-6 Zahl der Wassergaben

Die Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeitsuntersuchungen wurden statisch ausgewertet. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

A. Tonrohrdränung:

- a) 0-25 cm Tiefe: Aus den varianzanalytischen Auswertungen (72 Kombinationen) geht hervor, daß die Hauptfaktoren (Dosis, Entfernung und Zahl der Wassergabe) und die Wechselwirkung - Do x Z. d. W. Gabe hoch signifikante Unterschiede zeigen (Anhang 44).

Die anderen Wechselwirkungen (Entfernung x Z. d. W. Gabe, Dosis x Entfernung und Do x Entf. x Z. d. W. Gabe sind nicht gesichert.

Die Hauptfaktoren haben mehrere Stufen (z.B. Dosis: 0,5-1,0-1,5). Um den Verlauf der Wirkung eines Faktors besser kennenzulernen, d.h. ob die Wirkung mit steigendem "Gehalt" des Faktors gleichförmig zu- oder abnimmt, wurden noch orthogonale Vergleiche durchgeführt.

Der lineare Vergleich der Dosis weist hoch signifikante Unterschiede auf (Anhang 45). Das bedeutet, daß die elektrische Leitfähigkeit mit steigender Dosis abnimmt und die Unterschiede unter den Stufen statistisch stark gesichert sind. Es wird daher empfohlen, die Dosis bis 1,5 zu erhöhen.

Dagegen sind bei dem linearen Vergleich der Entfernung keine signifikanten Unterschiede vorhanden (Anhang 45) nur der quadratische Vergleich zeigt hoch signifikante Unterschiede.

Daraus wird geschlossen, daß die Stufen der Entfernung erweitert werden müssen und zwar länger als 3 m. Die Stufen (in diesem Fall sind es die Zahlen der W.Gabe) vom Faktor - Zahl der W.Gabe wurden unter sich gruppiert. Der Vergleich von 1 + 2 mit 3+4+5+6 und 1 mit 2 sowie 3+4 mit 5+6 zeigten hoch signifikante Unterschiede, während beim Vergleich von 3 mit 4 keine signifikanten Unterschiede vorhanden sind.

Ferner wurde die Beziehung zweier Faktoren zueinander, die als Wechselwirkung bezeichnet wird, geprüft. Aus der Prüfung der Wechselwirkung von (Dos. x Z. d. Wassergabe) geht hervor, daß bei der Dosis von 1,5 zwei Auswaschungen, bei der Dosis von 1,0 drei Auswaschungen und bei der Dosis von 0,5 fünf Auswaschungen genügen.

Als Schlußfolgerung für die Entsalzung dieser Böden (0-25 cm Tiefe) wurden bei der Tonrohrdränung die Dosis von 1,5, 12 m Entfernung und 5 Auswaschungen als reichlich betrachtet. Bei der Dosis von 1,5 wurden mindestens 2, bei der Dosis von 1,0 mindestens 3 und bei der Dosis von 0,5 mindestens 5 Auswaschungen benötigt.

b) 25-50 cm:

In der Tiefe von 25-50 cm zeigen unter den Kombinationen (Hauptfaktoren und Wechselwirkungen) Dosis, Entfernung, Zahl der W.Gabe, Dosis x Entfernung und Dosis x Z.d.W.Gabe hoch signifikante Unterschiede. Im Unterschied zu 0-25 cm Tiefe wurde in der Tiefe von 25-50 cm neben dem hoch signifikanten linearen Vergleich auch der quadratische Vergleich der Dosis signifikant gefunden (Anhang 45). Auch beim linearen Vergleich der Entfernung sind hier hoch signifikante Unterschiede vorhanden (in der Tiefe von 0-25 cm nur quadratische).

Beim Vergleich von Zahl d.W.Gabe zeigt nur 1 mit 2 keine signifikanten Unterschiede. Sonst weisen alle anderen signifikante Unterschiede auf.

Schlußfolgerung:

Bei 4 Auswaschungen bei einer Dosis von 1,0 hat sich in einer Entfernung von 3 m vom Tondränrohr in der Tiefe von 25-50 cm eine Entsalzung ergeben.

B) Plastikrohrdränung

a) 0-25 cm.Tiefe:

Nur Dosis und Zahl der W.Gabe zeigten hochsignifikante Unterschiede. Bei den anderen Kombinationen konnten keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden (Anhang 46).

Nach den orthogonalen Vergleichen ist zu erkennen, daß der lineare Vergleich der Dosis signifikante und der quadratische Vergleich hoch signifikante Unterschiede aufweisen (Anhang 47). Weder der lineare noch der quadratische Vergleich der Entfernung zeigen gesicherte Unterschiede. Beim Vergleich von 1+2 mit 3+4+5+6 hoch signifikant und der Vergleich von 3+4 mit 5+6 signifikant. Bei den anderen Vergleichen sind keine signifikanten Unterschiede vorhanden.

Schlußfolgerung:

Bei der Plastikrohrdränung für die Variante 1,0 Dosis hat sich eine Entsalzung mit 3 Auswaschungen ergeben. In den einzelnen Entfernungen vom Dränrohr zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede.

b) 25-50 cm Tiefe:

Wie in der Tiefe von 0-25 cm zeigen hier auch nur zwei Kombinationen hoch signifikante Unter-

- - -

schiede, nämlich Dosis und Zahl d.W.Gabe
(Anhang 4b).

Die Stufen der Dosis (0,5-1,0-1,5) zeigen nach 1 % Grenzwert quadratische Unterschiede (Anhang 47). Es besteht nach dem Grenzdifferenzwert (G.D.wert: 4,34) zwischen der 1,0-Dosis und den anderen Dosiswerten (0,5 bzw. 1,5) hoch signifikante Unterschiede, während zwischen der 0,5-Dosis und 1,5 keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten. Nach dem G.D.-Wert (4,72) scheinen drei Auswaschungen zu genügen. Der Vergleich von 3+4 mit 5+6 weist hoch signifikante Unterschiede auf.

Schlußfolgerung:

In der Tiefe von 25-50 cm zeigte sich das gleiche Ergebnis wie in der Tiefe von 0-25 cm.

C) Dränung durch offene Gräben

a) 0-25 cm Tiefe:

Nach der Varianzanalyse sind die Kombination, Dosis und Zahl d.W.Gabe hoch signifikant und die anderen Kombinationen nicht signifikant (Anhang 48). Die gleiche Tendenz wurde auch bei der Plastikrohrdränung gefunden. Die Stufen der Dosis zeigen quadratische und lineare Unterschiede, die hoch signifikant sind (Anhang 49). Nach den G.D.-Werten (4,34) der Dosis sind zwischen der Dosis von 1,0 und 1,5 keine Unterschiede vorhanden. Dagegen zeigen die beiden Stufen (1,0 bzw. 1,5) gegenüber der Stufe 0,5 Differenzen. Zwischen den Stufen der Entfernung bestehen keine signifikanten Unterschiede.

Die Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit bzw. des Salzgehaltes ist nach der Auswaschung von (1+2) wesentlich niedriger als die nach der Auswaschung von (3+4+5+6), so daß der Vergleich von 1+2 mit 3+4+5+6 hoch signifikante Unterschiede aufweist. Auch der Vergleich von 3+4 mit 5+6 zeigt hoch signifikante Unterschiede, während beim Vergleich von 3 mit 4 keine statistisch gesicherten Unterschiede vorhanden sind.

Schlußfolgerung:

Für die Entsalzung in der Tiefe von 0-25 cm werden bei der Dränung durch offene Gräben 1,0-Dosis und fünf Auswaschungen empfohlen. Die Entfernung zeigt bis 12 m keine Unterschiede, d.h. die Auswaschung der Salze zeigt in den verschiedenen Entfernungen vom Dränrohr bzw. Graben (3,6,9,12 m) keine statistisch bedeutsamen Unterschiede.

b) 25-50 cm Tiefe:

Nach der Varianzanalyse sind die Kombination, Dosis, Zahl d.W.Gabe und Dosis x Entfernung hoch signifikant und Dosis x Entfernung x Z.d. W.Gabe signifikant (Anhang 48).

Der lineare Vergleich der Dosis weist hoch signifikante Unterschiede auf (Anhang 49), während der lineare Vergleich der Entfernung signifikante Unterschiede zeigt. Beim Vergleich von 1+2 mit 3+4+5+6 (Z.d.W.Gabe) und von 3+4 mit 5+6 wurden hoch signifikante Unterschiede gefunden. Dagegen waren beim Vergleich von 1 mit 2 und von 3 mit 4 keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Schlußfolgerung:

Für die Entsalzung in der Tiefe von 25-50 cm werden die 1,0-Dosis und 6 Auswaschungen empfohlen. Wie bei

der Plastikrohrdränung konnten auch hier in einer Tiefe von 0-25 cm noch bei 25-50 cm Tiefe hinsichtlich der Entfernung bis 12 m gesicherte Unterschiede festgestellt werden.

7.2.3. Lösliche Kationen und Anionen

Bei allen Behandlungsarten und Entnahmetiefen zeigt die chemische Zusammensetzung der wasserlöslichen Salze in den Sättigungsextrakten, daß der Gehalt nach der Auswaschung sehr stark abnimmt. Die Untersuchungsergebnisse sind im Anhang 32 - 43).

Wenn man die untersuchten, einzelnen, löslichen Kationen und Anionen vor und nach der Auswaschung bei allen Varianten betrachtet, stellt man fest:

Bei der Varianten Tonrohrdränung mit je 264 mm in 6 Gaben hat in der Krume der Gehalt an

Na^+	um 97 %
Mg^{++}	um 98,5 %
Ca^{++}	um 92 %
K^+	um 99 %
Cl^-	um 99,5 %
SO_4^{--}	um 93 %

abgenommen. Dies ist bei allen anderen Behandlungsarten und Varianten in ähnlicher Größenordnung zu beobachten.

Die Abnahme verringert sich mit der Entfernung vom

Dränrohr. Hierbei ist noch zu bemerken, daß der Gehalt von HCO_3 in allen Varianten und Behandlungsarten eine steigende, der Gehalt von SO_4 teilweise steigende Tendenz aufweist. Die Abnahme der einzelnen Ionen während der Untersuchungsdauer zeigt zwar bei allen Varianten und Behandlungsarten gleiche Tendenzen, jedoch bestehen beim Vergleich, abhängig von der Zahl der Wassergaben und Wassermengen, Schwankungen.

Variante der Tonrohr-Dränung:

Bei der Behandlung mit je 264 mm in 6 Gaben nehmen die Ionen in der Krume (0-20 cm Tiefe) 3 m vom Dränrohr entfernt wie folgt ab:

	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Na^+	746,48	21,12 mval/l
Mg^{++}	131,47	1,98 mval/l
Ca^{++}	32,85	2,57 mval/l
K^+	5,28	0,29 mval/l
Cl^-	623,50	4,30 mval/l
SO_4^{--}	290,83	19,01 mval/l.

Bei der Behandlung mit je 176 mm in 7 Gaben:

	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Na^+	638,12	26,54 mval/l
Mg^{++}	154,62	4,47 mval/l
Ca^{++}	30,92	3,99 mval/l
K^+	3,56	0,43 mval/l
Cl^-	774,50	8,35 mval/l
SO_4^{--}	52,51	32,18 mval/l.

In 6 m Entfernung vom Dränrohr steigt der Gehalt von SO_4 sogar auf 66,78 mval/l. In 9 und 12 m Entfernung ist die Abnahme gegenüber des 3 Meter-Abstandes ziemlich gering.

Bei der Behandlung mit je 88 mm in 10 Gaben sind folgende Veränderungen festzustellen:

	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Na^+	582,90	24,75 mval/l
Mg^{++}	124,56	1,99 mval/l
Ca^{++}	26,64	4,28 mval/l
K^+	4,44	0,60 mval/l
Cl^-	701,69	25,20 mval/l
SO_4^{--}	35,40	0,25 mval/l.

In den Abbildungen 24-26 wurden die wasserlöslichen Ionen vor und nach der Auswaschung dargestellt.

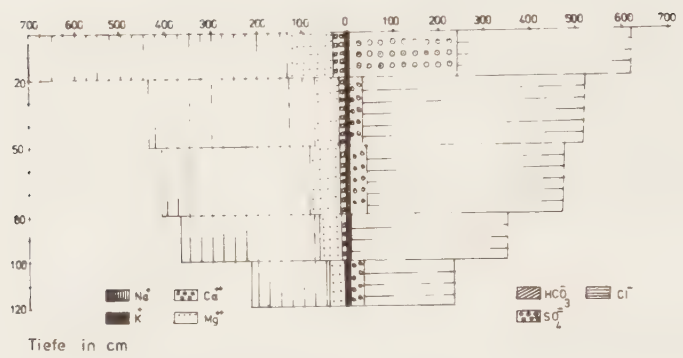
Variante Plastikrohr-Dränung:

Bei der Behandlung mit je 264 mm in 6 Gaben sieht die Abnahme der Salzdynamik in der Krume (0-26 cm Tiefe) 3 m vom Dränrohr entfernt vor und nach der Auswaschung wie folgt aus:

Na^+	von	277,84	auf	27,52 mval/l
Mg^{++}	von	56,75	auf	1,76 mval/l
Ca^{++}	von	21,08	auf	3,19 mval/l
K^+	von	1,95	auf	0,58 mval/l
Cl^-	von	354,65	auf	20,70 mval/l
SO_4^{--}	von	2,31	auf	3,60 mval/l.

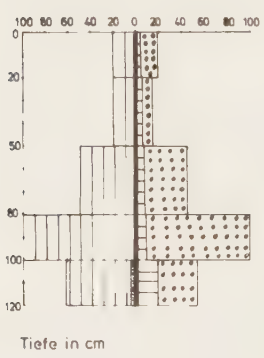
Abb: 24

Tonrohr - Drainung Parzelle A
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l
vor der Auswaschung

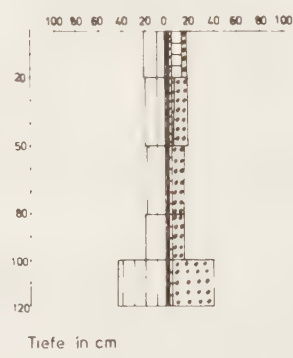


Tonrohr - Drainung Parzelle A
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l

3m vom Dränrohr entfernt



nach der Auswaschung
6m vom Dränrohr entfernt



9m vom Dränrohr entfernt



12m vom Dränrohr entfernt

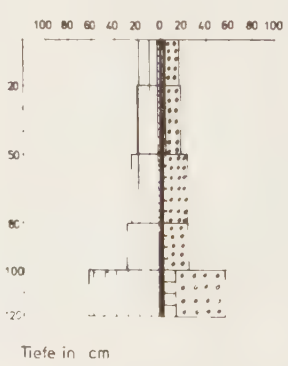
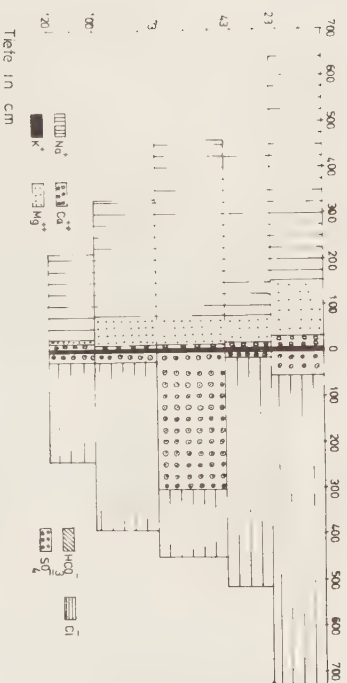
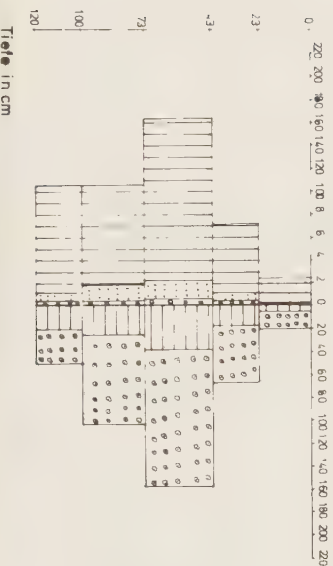


Abb.:25

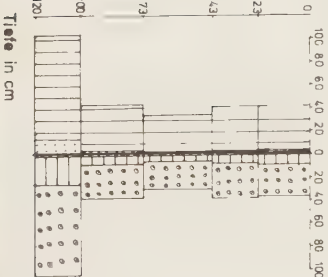
Tonrohr - Drainung Parzelle B
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l
vor der Auswaschung



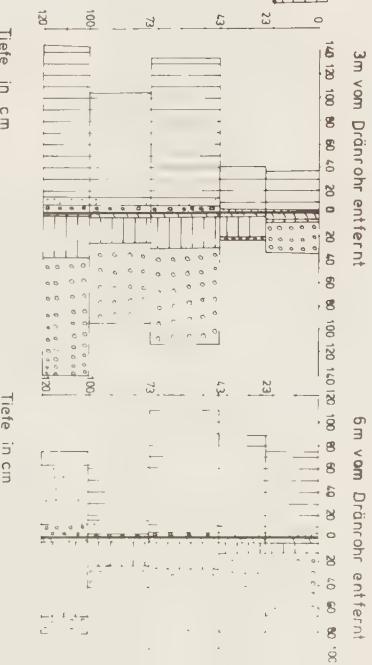
9 m vom Drainrohr entfernt



12 m vom Drainrohr entfernt



Tonrohr - Drainung Parzelle B
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l
nach der Auswaschung

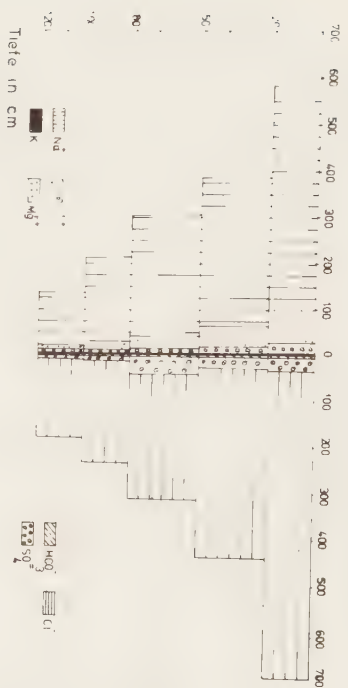


3 m vom Drainrohr entfernt

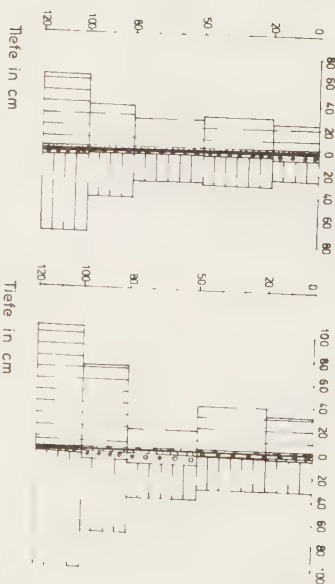
6 m vom Drainrohr entfernt

Tiefe in cm

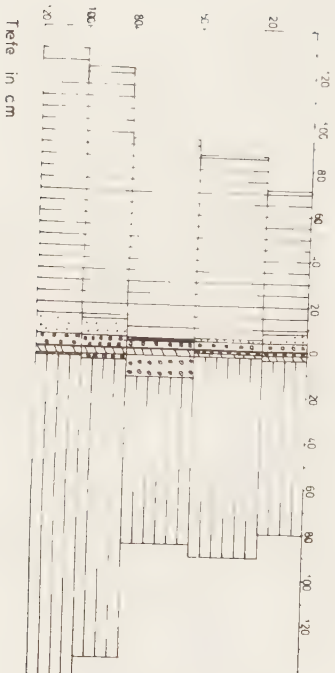
Torrrohr-Drängung Parzelle C
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l
vor der Auswaschung



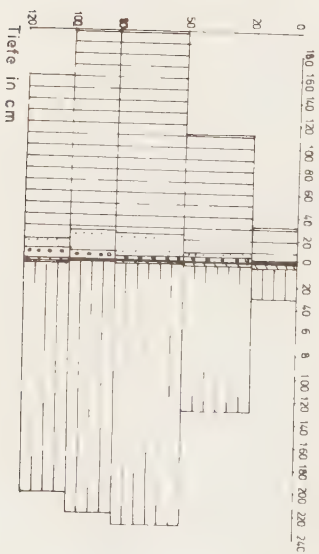
Torrrohr-Drängung Parzelle C
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l
nach der Auswaschung
3m vom Dränrohr entfernt 6m vom Dränrohr entfernt



9m vom Dränrohr entfernt



12m vom Dränrohr entfernt



Nach der Tiefe und nach außen nimmt SO_4 um 56 % zu.

Bei der Behandlung 176 mm in 8 Gaben:

Na^+	von	471,88	auf	36,52 mval/l
Mg^{++}	von	86,42	auf	3,07 mval/l
Ca^{++}	von	36,70	auf	3,00 mval/l
K^+	von	1,89	auf	0,29 mval/l
Cl^-	von	561,37	auf	30,30 mval/l
SO_4^{--}	von	33,60	auf	8,31 mval/l.

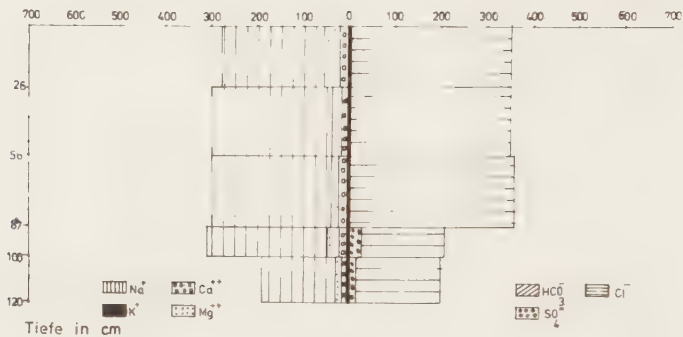
Bei der Behandlung mit 88 mm in 9 Gaben:

Na^+	von	391,30	auf	32,16 mval/l
Mg^{++}	von	96,83	auf	5,27 mval/l
Ca^{++}	von	41,23	auf	1,60 mval/l
K^+	von	2,46	auf	0,17 mval/l
Cl^-	von	386,70	auf	34,50 mval/l
SO_4^{--}	von	143,90	auf	0,45 mval/l.

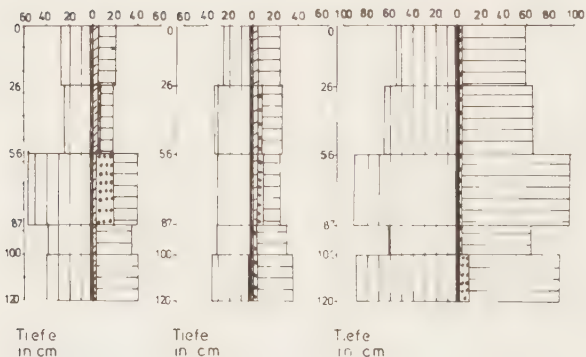
Die graphischen Darstellungen (Abb. 27, 28, 29) zeigen die wasserlöslichen Ionen vor und nach der Behandlung.

Abb:27

Plastikrohr - Dränung Parzelle D
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l
vor der Auswaschung



Plastikrohr - Dränung Parzelle D
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l
nach der Auswaschung
3m 6m 9m vom Plastikrohr entfernt



12m vom Plastikrohr entfernt

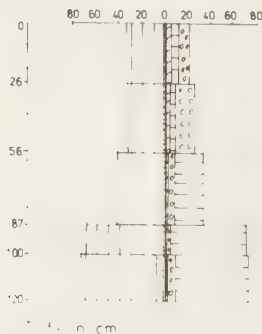
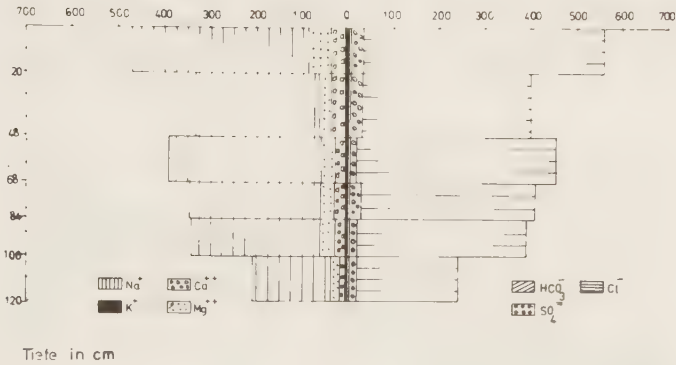


Abb: 28

Plastikrohr - Drainage Parzelle E

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l

vor der Auswaschung

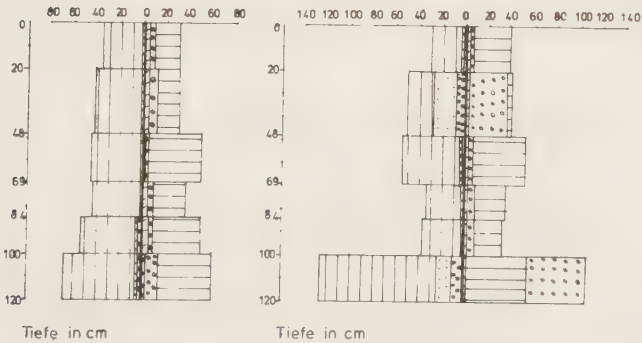


Plastikrohr - Drainage Parzelle E

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l

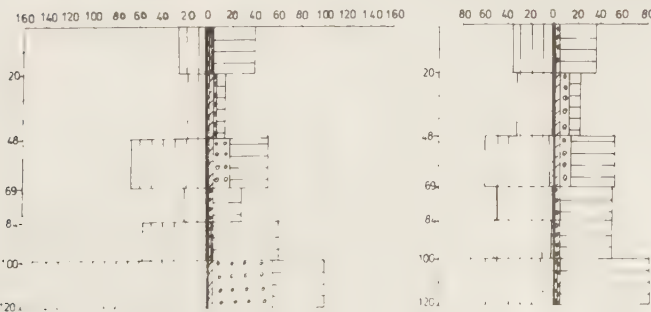
nach der Auswaschung

3m vom Plastikrohr entfernt 6m vom Plastikrohr entfernt

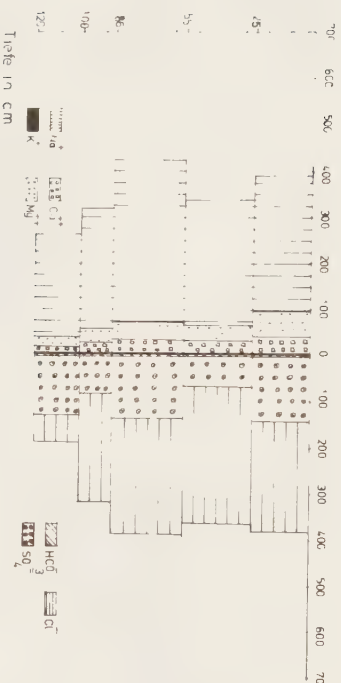


9m vom Plastikrohr entfernt

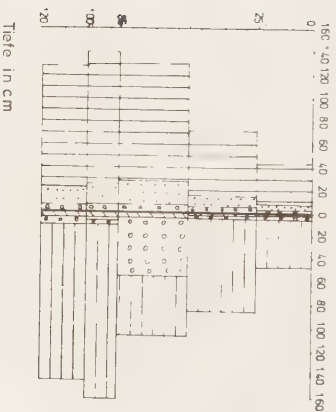
12m vom Plastikrohr entfernt



Plastikrohr - Dränung Parzelle F
Wasserlöslichen Kationen und Anionen in mval / l
vor der Auswaschung

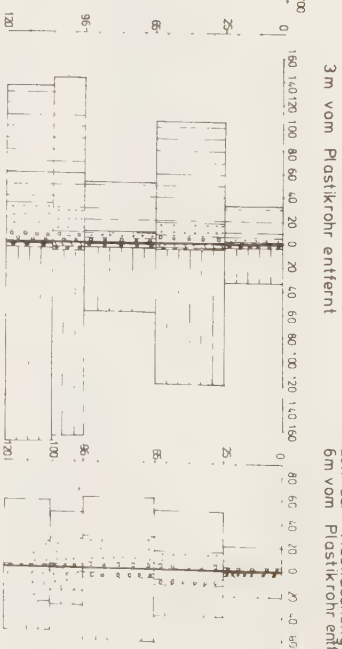


9 m vom Plastikrohr entfernt

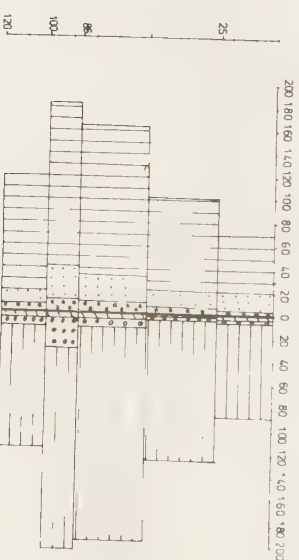


Tiefe in cm

Plastikrohr - Dränung Parzelle F
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l
nach der Auswaschung
6m vom Plastikrohr entfernt



3 m vom Plastikrohr entfernt



Tiefe in cm

Variante offene Graben-Dränung:

Vor und nach der Auswaschung sieht die Salzdynamik bei der Behandlung mit je 264 mm in 6 Gaben in der Krume (0-20 cm Tiefe) 3 m vom Dränrohr entfernt, wie folgt aus:

Na ⁺	von	576,26	auf	34,36 mval/l
Mg ⁺⁺	von	103,84	auf	3,67 mval/l
Ca ⁺⁺	von	32,11	auf	3,40 mval/l
K ⁺	von	3,00	auf	0,39 mval/l
Cl ⁻	von	615,70	auf	31,50 mval/l
SO ₄ ⁻⁻	von	92,46	auf	8,01 mval/l.

Während in den oberen Entnahmetiefen der SO₄⁻⁻-Gehalt abnimmt, steigt er in den untersten Entnahmetiefen an (siehe Abb.: 30, 31, 32).

Bei der Behandlung mit je 176 mm in 8 Gaben:

Na ⁺	von	481,92	auf	31,24 mval/l
Mg ⁺⁺	von	79,69	auf	3,68 mval/l
Ca ⁺⁺	von	27,07	auf	3,39 mval/l
K ⁺	von	4,40	auf	0,74 mval/l
Cl ⁻	von	501,89	auf	32,10 mval/l
SO ₄ ⁻⁻	von	90,60	auf	1,60 mval/l.

Bei der Behandlung mit 88 mm in 9 Gaben:

Na^+	von	493,64	auf	46,24	mval/l
Mg^{++}	von	105,85	auf	1,94	mval/l
Ca^{++}	von	17,06	auf	4,12	mval/l
K^+	von	5,00	auf	1,32	mval/l
Cl^-	von	601,50	auf	47,90	mval/l
SO_4^{--}	von	18,93	auf	1,86	mval/l.

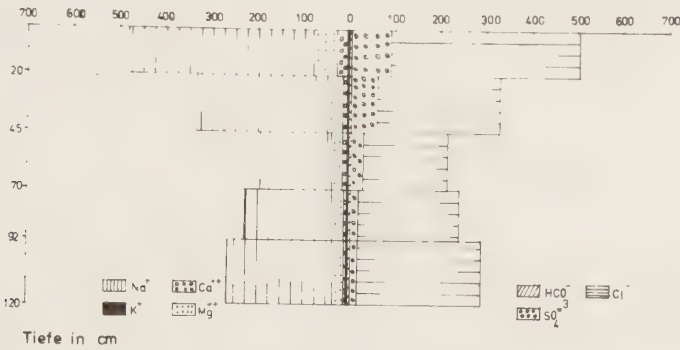
Die Abbildungen 30-32 zeigen die wasserlöslichen Ionen vor und nach der Auswaschung.

Abb:30

Offene Graben - Drainung Parzelle G

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l

vor der Auswaschung

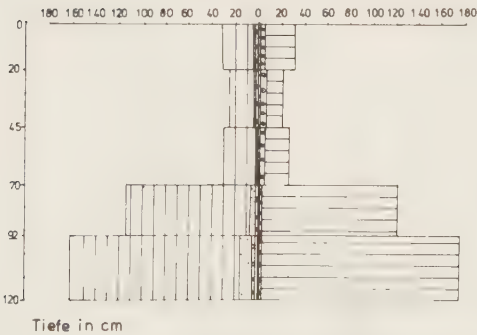


Offene Graben - Drainung Parzelle G

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l

nach der Auswaschung

3m vom offenen Graben entfernt



6m vom offenen Graben entfernt

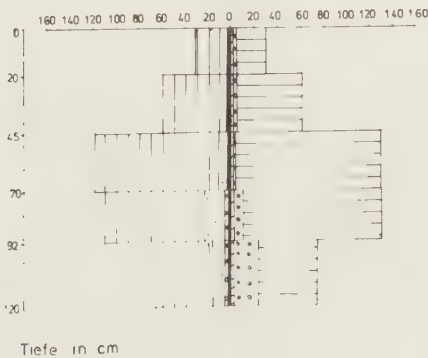
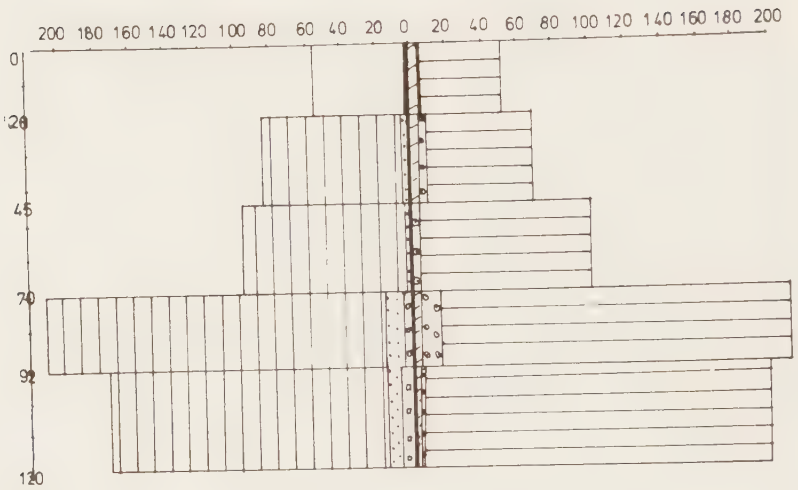


Abb:30 9 m vom offenen Graben entfernt



Tiefe in cm

12 m vom offenen Graben entfernt

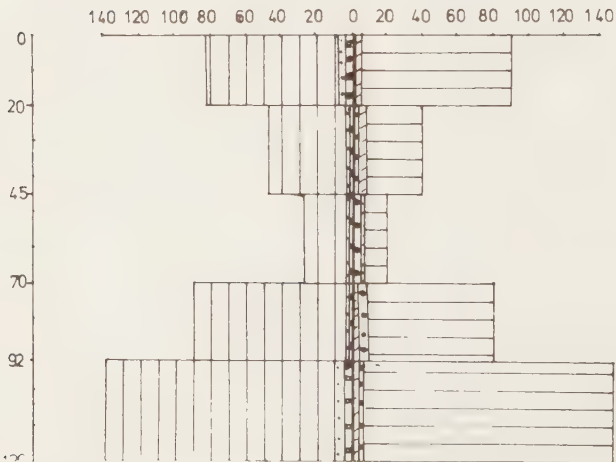
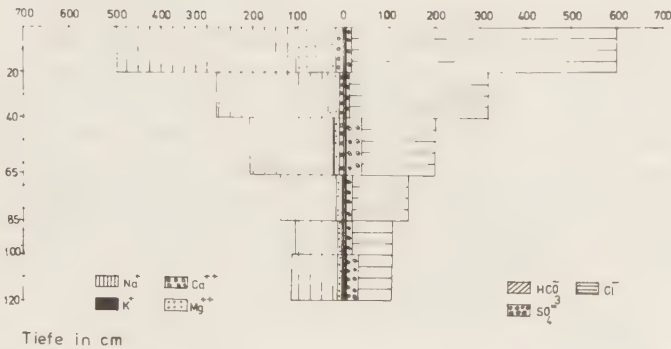


Abb: 31

Offene Graben - Drainage Parzelle H

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l
vor der Auswaschung

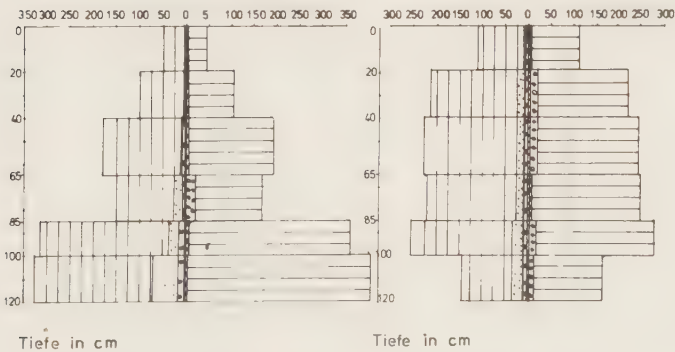


Offene Graben - Drainage Parzelle H

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval/l

nach der Auswaschung

3m vom offenen Graben entfernt 6m vom offenen Graben entfernt



9m vom offenen Graben entfernt

12m vom offenen Graben entfernt

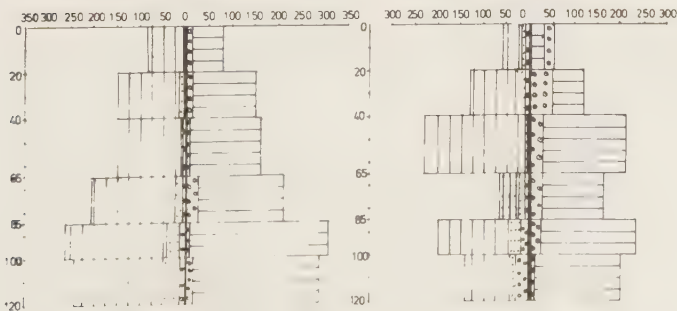
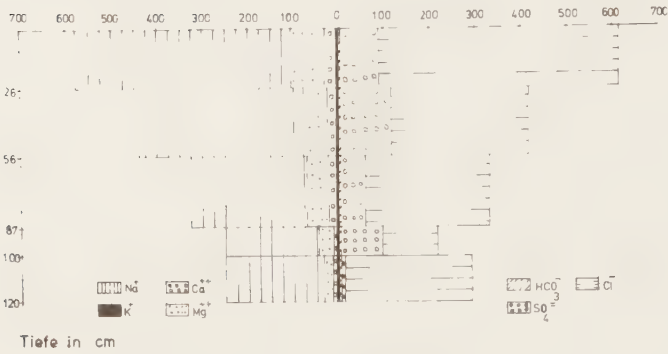


Abb:32

Offene Graben - Drainage Parzelle J

Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l

vor der Auswaschung

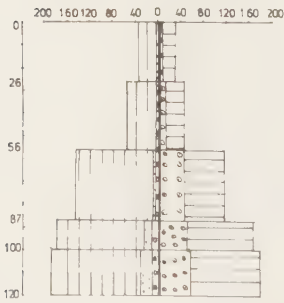


Offene Graben - Drainage Parzelle J

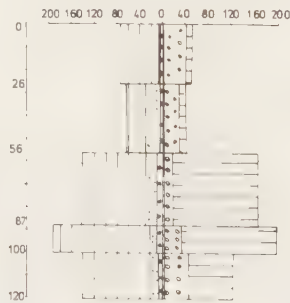
Wasserlösliche Kationen und Anionen in mval / l

nach der Auswaschung

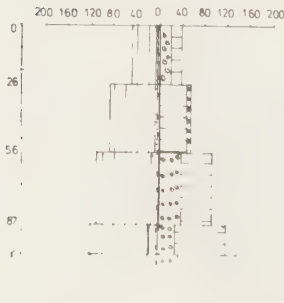
3m vom offenen Graben entfernt



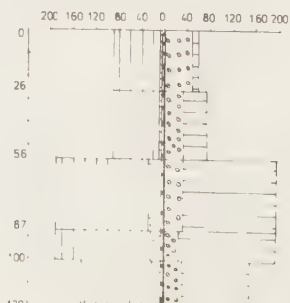
6m vom offenen Graben entfernt



9m vom offenen Graben entfernt



12m vom offenen Graben entfernt



Die Untersuchungsergebnisse der wasserlöslichen Kationen und Anionen wurden statistisch ausgewertet (Varianzanalyse und orthogonale Vergleiche). Die statistischen Auswertungen sind in Anh.50-73 angegeben. Die Folgerungen, die aus diesen Auswertungen gezogen wurden, sind in Tabelle 6 zusammengestellt. In der Tabelle steht z.B. optimale Zahl der Wassergabe: 3, d.h. mit drei Auswaschungen wird die optimale Auswaschung des jeweiligen Kations oder Anions erreicht. Die weiteren Auswaschungen tragen dazu nicht mehr Wesentliches bei. Hingewiesen sei auf die unterschiedliche Auswaschung einzelner Ionen beim gleichen Dränverfahren.

Tab. 6 Folgerungen aus den statistischen Auswertungen der wasserlöslichen Kationen und Anionen.

Drän- nung	Ion	Tiefe in cm	Opt.Dosis d.Wassergabe % Felokapa- zität	Opt. Zahl d. wasser- gabe	Opt.Entfernung vom Dränrohr oder Gra- ben in m	
Tonrohr	Na ⁺	0-25	150	4	3-12	d.h. in den Ent- fernungen von 3 6,9 u. 12 m kei- unterschiedlich Auswaschungseff
		25-50	150	4	3-12	
	Mg ⁺⁺	0-25	100	4	3-12	
		25-50	100	4	3-12	
	Cl ⁻	0-25	100	5	3	d.h. ab 3 m ge- ringer Auswasch- effekt
		25-50	100	5	3	
	SO ₄ ⁼	0-25	100	3	6	
		25-50	150	3	3-12	
Plastikrohr	Na ⁺	0-25	100	3	3-12	
		25-50	100	3	3-12	
	Mg ⁺⁺	0-25	100	3	3-12	
		25-50	100	3	3-12	
	Cl ⁻	0-25	100	4	3-12	
		25-50	50	5	3-12	
	SO ₄ ⁼	0-25	150	3	3-12	
		25-50	100	4	3-12	
offene Graben	Na ⁺	0-25	150	6	3-12	
		25-50	150	6	3-12	
	Mg ⁺⁺	0-25	150	5	3-12	
		25-50	150	5-6	3-12	
	Cl ⁻	0-25	150	5	3-12	
		25-50	100	5	3-12	
	SO ₄ ⁼	0-25	100	5	3-12	
		25-50	100	6	3-12	

Austauschkapazität und Na^+ -Sättigung

Die Austauschkapazität stellt ein wichtiges Kriterium für die physikalisch-chemischen Prozesse dar. Ihr Ausmaß wird von dem absoluten Gehalt sowie von der Zusammensetzung der organischen (Huminstoffe) und anorganischen Kolloide (Tonminerale) bestimmt, in sehr geringem Ausmaß auch von Kieselsäure und den Aluminium- und Eisenoxiden bzw. Hydroxiden.

Die AK-Werte bewegen sich vor der Auswaschung (0-20 bzw. 25 cm Tiefe) zwischen 7,66 mval und 13,57 mval pro 100 g Boden (Tabelle 7). Nach der Auswaschung liegen sie zwischen 8,22 mval und 12,43 mval/100 g Boden. Somit konnte keine Veränderung der Austauschkapazität durch Auswaschung innerhalb der 0-20 bzw. 25 cm Tiefe festgestellt werden. Auch eine unterschiedliche Wirkung verschiedener Dränverfahren und Wassergaben auf die Austauschkapazität blieb aus. In den verschiedenen Entfernungen vom Dränrohr bzw. Graben zeigten die AK-Werte vor und nach der Auswaschung ebenfalls keine Unterschiede.

Eine hohe Na^+ -Sättigung im Boden verursacht die Dispergierung des Bodens und führt somit zu einer empfindlichen Verschlechterung der bodenphysikalischen Verhältnisse, z.B. schlechte Wasserdurchlässigkeit, ungünstigen Gasaustausch für die Pflanze bei der Wurzelatmung sowie erschwerte Bodenbearbeitung. Daher wird dem Natriumanteil am Sorptionskomplex große Bedeutung beigemessen. Als Grenze für die Bodenalkalität wurde nach der amerikanischen Systematik 15 %iger Natriumanteil am Sorptionskomplex angenommen. Die Na-Schädigungen treten aber schon auf, wenn 5 bis 10 % des Sorptionskomplexes (je nach Tongehalt) mit Na^+ abgesättigt sind (HUSZ, 1965).

Das austauschbare Na^+ liegt vor der Auswaschung zwischen

7,79 - 11,98 mval/100 g Boden und nach der Auswaschung zwischen 2,93 - 19,04 mval/100 g Boden. Der prozentuale Anteil des austauschbaren Natriums zur Austauschkapazität beträgt vor der Auswaschung zwischen 7,79 % und 14,67 % und liegt somit unter 15 % (Tabelle 7).

Nach der Auswaschung bewegt sich der ESP-Wert zwischen 3,71 % und 14,21 %. Mit Ausnahme einer Parzelle (H) zeigte der ESP-Wert in allen Parzellen eine starke Abnahme, die zwischen 22,5 und 81,7 % schwankt (Tabelle 13). Bei den verschiedenen Dränarten ist die Abnahme des ESP-Wertes unterschiedlich. Sie nimmt in der Reihenfolge Plastikrohr-Dränung, Tonrohrdränung und Dränung durch offene Gräben ab. Die höchste Abnahme (81,7 %) wurde bei der Plastikrohrdränung (Parzelle E) festgestellt (siehe Tab. 13, S. 118). Dieser folgten mit 62,78 % Parzelle A der Plastikrohrdränung. Dagegen fand bei der Dränung durch offene Gräben im Vergleich zu den anderen Dränarten eine schwächere Abnahme des ESP-Wertes statt (Max. 32,94 %).

Tabelle 7: Die AK- und ESP-Werte¹⁾

Par- telle	Tiefe	AK mval/100 g Boden		ESP	
		vor der Aus- waschung	nach der Aus- waschung	vor der Aus- waschung	nach der Aus- waschung
	0-20	9,34	9,98	14,67	5,45
	0-23	10,06	10,14	10,64	6,91
	0-20	10,14	8,41	9,66	3,71
	0-26	12,07	10,04	7,79	4,11
	0-20	13,57	12,43	9,06	7,40
	0-25	9,85	9,25	11,98	6,36
	0-20	8,87	8,21	9,24	6,54
	0-20	7,66	9,73	10,57	14,21
	0-26	10,79	11,07	8,53	5,72

¹⁾ ESP Austauschbares Natrium in Prozent (exchangeable sodium percentage) =

$$= \frac{\text{austauschbares Na (mval/100 g Boden)} \times 100}{\text{Kationen-Sorptionskapazität (mval/100 g Boden)}}$$

8. Folgerungen aus den Untersuchungsergebnissen

Die vorliegende Arbeit hatte sich zur Aufgabe gestellt, auf einem versalzten Boden der Menemen-Ebene bei Izmir (West-Türkei) die Frage der Bodenentsalzung durch geeignete Dränverfahren zu prüfen. Der Versuch sollte drei Fragen beantworten:

1. Welches Dränsystem ist am günstigsten für die Entsalzung dieser Böden?
2. Welche Wassermenge ist bei der Auswaschung nötig, um mit geringster Zerstörung der Bodenstruktur einen möglichst hohen Auswaschungseffekt zu erzielen?
3. Welches Dränsystem und welche Auswaschungswassermenge beeinflusst am günstigsten die Produktivität dieser Böden?

Die ausgewählte Fläche ist 2 ha groß und repräsentativ für ca. 6000 ha versalzter Böden mittlerer Textur und Durchlässigkeit in diesem Gebiet. Die bisherige Nutzung der Fläche erfolgte als extensive Weide.

Die bodenkundlichen Kennwerte und die Anlage der Versuchsfläche wurden bereits ausführlich in Kapiteln 4 und 5 geschildert.

Einige der wichtigsten Daten des Versuchsfeldes:

Bodentyp: Alluvialer Salzboden (Versalzungsgrund
siehe Kapitel 3)

Bodenart: Lehmiger Schluff bis sandiger Lehm,
pH: 6,5 und darüber, CaCO_3 -Gehalt:
1-15 %

Elektrische Leitfähigkeit: 4-6 mmhos/cm und
darüber

Vorherrschende Salze: NaCl , MgCl_2 , Na_2SO_4 ,
 MgSO_4

Vorherrschende Kationen: Na^+ und Mg^{++}

Vorherrschende Anionen: Cl^- und SO_4^{--} .

Der Grundwasserstand liegt bei 60-80 cm, der im Herbst bis 150 cm absinken kann. Bei einem Grundwasserstand von 120 cm Tiefe und darunter wird kein kapillarer Anstieg von Grundwasser in den Oberboden und eine damit vom Grundwasser beeinflusste Bodenversalzung beobachtet, d.h., der kritische Grundwasserspiegel liegt bei 120 cm. Die Bewässerung erfolgt im Überstauverfahren.

Das Versuchsfeld ist nach dem Split-Block-System angelegt. Entwässert wird durch drei Dränsysteme:

Grabendränung, Tonrohrdränung, Plastikrohrdränung.

Vor und nach jeder Auswaschung wurden folgende Kennwerte bestimmt: Spezifisches Gewicht, Volumengewicht, Korngrößenverteilung, Gesamtporenvolumen, Porengrößenverteilung, Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, Infiltrationsrate, elektrische Leitfähigkeit, lösliche und austauschbare Kationen, Austauschkapazität, pH-Wert und CaCO_3 .

Physikalische Kennwerte

Die Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen sind in der Tabelle 8 zusammengestellt.

Gesamtporenvolumen (GPV), Porengrößenverteilung (PGV)

Mit einer Ausnahme (deutliche Zunahme auf Parzelle E)

konnte keine nennenswerte Veränderung des Gesamtporenvolumens durch Auswaschung festgestellt werden. Es bleibt mehr oder weniger konstant. Die einzelnen GPV-Werte unterliegen großen Schwankungen. Daher ist es schwer, eine regelmäßige Veränderung des Gesamtporenvolumens in Bezug auf die Dränart und die Auswaschungswassermenge festzustellen. Die Berücksichtigung der Tiefe und der Entfernung vom Dränrohr ermöglichen auch keine eindeutigen Aussagen. Als Beispiel sollen die GPV-Werte von zwei Proben bei Parzelle D genannt werden. Bei einer Probe fällt der GPV-Wert nach der Auswaschung stark ab, nämlich von 63,4 auf 54,3 %. Dagegen nimmt der GPV-Wert anderer Proben nach der Auswaschung stark zu und zwar von 51,2 auf 60,0 %. So extrem wie in diesem Beispiel sind jedoch die Zusammenhänge zwischen Auswaschung und GPV an anderen Proben selten.

Legt man nur die GPV-Werte zur Feststellung der Wirkung von Entsalzungsmaßnahmen auf die Bodenporosität zugrunde, so entsteht der Eindruck, als ob die Maßnahmen keine Wirkung erzielt hätten. Berücksichtigt man aber noch die Veränderungen verschiedener Porengrößen, dann stellt sich heraus, daß das Verhältnis Feinporen (FP) + Mittelporen (MP) zu Grobporen (GP) nach der Auswaschung deutlich höher liegt, als vorher. Der Rückgang der Grobporen bzw. der Anstieg der feinen Poren ($< 10 \mu$) läßt auf eine schwache Verdichtung bzw. Verschlammung schließen. Als Ursache dafür können folgende Faktoren angesehen werden:

- a) Die Zufuhr der im Bewässerungswasser mitgeführten Schwebstoffe. Nach Untersuchungen von IMAMOGLU (1973) im gleichen Gebiet wurden pro Hektar und Bewässerungssaison durchschnittlich 1509 kg Schwebstoffe auf das Feld verfrachtet.
Wie bekannt, nimmt mit steigendem Anteil von

Ton- bzw. Schluff auch der Anteil der mittleren und feinen Poren zu.

- b) Der Boden befindet sich in krümelig-losem Zustand. Daher sind die Grobporen schwach ausgebildet und werden bei der Auswaschung leicht zerstört.

Da das Auswaschungswasser nach dem Diagramm von RICHARD eine mäßige Salinität (C_2) und ein geringes Natrium-Adsorptionsverhältnis (S_1) aufweist, ist eine Entflockung des Bodens durch Auswaschungswasser ausgeschlossen, die bei der unmittelbaren Bewässerung des Salzbodens mit salzfreiem Wasser auftritt.

Auf den meisten Parzellen bei Plastikrohr-Dränung und Dränung durch offene Gräben ist neben dem Rückgang der Grobporenanteile auch ein Rückgang des Feinporenanteils festzustellen. Als Ursache für die Abnahme der Feinporen zugunsten der Mittelporen dürfte die Änderung des Ionenbelags angesehen werden. Durch die Änderung des Ionenbelages in Richtung der Na-Abnahme erfolgte wahrscheinlich eine Flockung der Kolloide, die vorher in dispergierter Form vorlagen. Somit kam es zur Bildung von Aggregaten. Die Frage, warum trotz der Abnahme des austauschbaren Na-Anteils bei allen Parzellen keine Abnahme des Feinporenanteils bei allen Parzellen festzustellen ist, bleibt dahingestellt.

Feldkapazität (FK), nutzbare Wasserkapazität (NWK),
Infiltrationsrate und Permeabilität

Die Wirkung verschiedener Dränarten und Wassergaben auf die FK, NWK, Infiltration und Permeabilität unterscheidet sich nur durch das Ausmaß der Ab- und Zunahme.

Dränart			Tonrohr			Plastikrohr			offene Gräben		
Parzelle			A	B	C	D	E	F	G	H	J
Dosis d.W-Gabe in % Feldkapazität			150	100	50	150	100	50	100	50	150
Gesamt-Porenvolumen			~	+	~	~	+	~	+	~	~
Grobporen > 50 µ			-	-	-	-	~	-	-	-	-
Grobporen 50 - 10 µ			-	+	-	-	-	-	-	~	-
Mittelporen 10 - 0,2 µ			+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feinporen < 0,2 µ			+	+	+	+	-	-	+	-	-
<u>Mittelpo. + Feinpo.</u>			+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grobporen			+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feldkapazität			+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nutzbare Wasserkapazität			+	+	+	+	+	+	+	+	+
Infiltrationsrate			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Permeabilität			-	~	-	-	+	-	-	~	~

+ = Zunahme nach der Auswaschung
 - = Abnahme nach der Auswaschung
 = Keine Veränderung
 + = Keine Veränderung bis Zunahme
 ++ = Starke Zunahme
 ? = Wegen Schwankungen eine deutliche Aussage nicht möglich

Sonst findet man bei allen Dränarten und Wassergaben die gleiche Tendenz, nämlich die Zunahme der FK- und NWK-Werte nach der Auswaschung. Der Anstieg beträgt bei FK um 17,79 % und bei NWK um 33,70 %. (Plastikrohr: 37,50 %, Tonrohr: 32,35 %, offene Gräben: 31,25 %).

Bei der Infiltrationsrate und Permeabilität ist ebenfalls eine einheitliche regelmäßige Tendenz zu erkennen, nämlich eine Abnahme. Im allgemeinen nimmt die Infiltrationsrate mit den zunehmenden Wassergaben ab.

Textur:

Infolge der Schwebstoffzufuhr ist nach der Auswaschung eine Erhöhung des Anteils von feinem Material ($< 60 \mu$) zu erkennen. Diese Erhöhung äußert sich abwechselnd im Tongehalt oder im Schluffgehalt.

Zusammenfassend ist festzustellen:

Die untersuchten physikalischen Kennwerte des Bodens zeigen einige unregelmäßige Schwankungen. Ein Unterschied zwischen den einzelnen Dränverfahren und den Wassergaben innerhalb eines Dränverfahrens ist wenig ausgeprägt. Schwankungen in den Ergebnissen können durch unterschiedliche Bodenbeschaffenheit auf kleinem Raum hervorgerufen werden. Wie bereits erwähnt wurde, handelt es sich bei den Versuchsflächen um alluvialen Boden, dessen Eigenschaften auf engstem Raum sowohl horizontal als auch vertikal betrachtet, relativ starke Schwankungen aufweisen.

Sollte jedoch nach den physikalischen Untersuchungsergebnissen ein bestimmtes Dränverfahren empfohlen werden, so wäre die Plastikrohrdränung mit der Wassergabe 100 % der FK (Parzelle E) zu nennen.

Chemische Kennwerte

Es wurden folgende bodenchemische Untersuchungen durchgeführt: pH, elektrische Leitfähigkeit, lösliche Kationen und Anionen, Austauschkapazität und austauschbares Na.

Die chemischen Untersuchungsergebnisse wurden statistisch ausgewertet. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

A) pH-Wert:

Nach Beendigung des Versuchs ist eine ca. 20 %ige Steigerung des pH-Wertes zu verzeichnen. Das könnte auf eine leichte alkalische Verwitterung zurückgeführt werden.

B) Elektrische Leitfähigkeit ($EC_{25} 10^3$):

Nach den EC_{25} -Werten ist festzustellen, daß bei allen Dränverfahren ein guter Auswaschungserfolg erzielt wurde.

Wie erwartet, ist der Auswaschungseffekt bei den verschiedenen Dränverfahren unterschiedlich. In Tabelle 9 sind die optimalen Waschwassermengen und die optimale Zahl der Wassergaben für die einzelnen Dränverfahren zusammengestellt. Außerdem wurde in der Tabelle angegeben, in welchem Abstand vom Dränrohr oder Graben die optimale Auswaschung erreicht wurde.

Parzelle: 9

Parzelle	Tiefe in cm	opt. Do- sis d. Wasser- gabe % FK ⁺	tat- sächl. Wasser- gabe	opt. Zahl d. Was- serga- be	opt. Ent- fer- nung v. Drän- rohr o. Graben m	EC ₂₅ ^{10³} v.d. Aus- waschung mmhos	EC ₂₅ ^{10³} nach d. Auswa- schung mmhos	Aus- wa- schung in %
A- 0-25	100		176	3	3	67,8	8,5	87,4
B- 25-50	100			4	3	40,6	9,9	75,5
C- 0-25	100		176	3	keine un- terschiedl. Wirkung b. z. 12 m	56,8	2,1	96,2
D- 25-50	100			3	"	37,9	5,0	86,7
E- 0-25	100		176	5	"	55,6	7,6	86,3
F- 25-50	100			6	"	31,8	10,2	67,7

FK = Feldkapazität

Somit nimmt der Auswaschungseffekt in der Reihenfolge Plastikrohrdränung (Parzelle E) - Tonrohrdränung (Tiefe 0-25 cm Parzelle A und 25-50 cm Parzelle B) und Dränung durch offene Graben (Parzelle G) ab, d.h., der beste Auswaschungseffekt bei den untersuchten Böden ist mit Plastikrohrdränung bei 176 mm Wassergabe (3x176 mm) zu erwarten.

C) Wasserlösliche Kationen und Anionen:

Da sich die Auswaschung der wasserlöslichen Kationen

und Anionen von der Auswaschung der Gesamtsalze unterscheidet, scheint es zweckmäßig, diese einzeln zu behandeln.

Na: Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, erweist sich die Tonrohrdränung bei 264 mm Wassergabe mit 4 Wiederholungen für die Tiefe 0-25 cm als geeignetste Dränart. Dieser folgen Dränung durch offene Gräben und Plastikrohrdränung. In der Tiefe von 25-50 cm liegen Tonrohrdränung und Plastikrohrdränung (3x176 mm) auf gleicher Höhe. Bei Dränung durch offene Gräben ist in der gleichen Tiefe ebenfalls eine gute Na-Auswaschung festzustellen.

Tabelle: 10 Na-Auswaschung

Dränart	Tiefe in cm	opt.Do- sis d. Wasser- gabe (% FK ⁺)	opt. Zähl d. Wasser- gabe	opt. Ent- fernung vom Drän- rohr o. Graben m	Auswaschung in %
Ton- rohr	0-25	150	4	keine un- terschiedl. wirkung bis 12 m	94,6
	25-50	150	4		87,4
Pla- stik- rohr	0-25	100	3	"	85,2
	25-50	100	3	"	87,6
off. Graben	0-25	150	6	"	89,2
	25-50	150	6	"	83,0

+) FK = Feldkapazität

Cl: In der Tiefe von 0-25 cm nimmt die Cl-Auswaschung in der Reihenfolge Tonrohrdränung - Plastikrohrdrä-

nung - Dränung durch offene Gräben ab. In der Tiefe von 25-50 cm ist wieder die gleiche Reihenfolge festzustellen. Hingewiesen sei auf die verhältnismäßig schwache Cl-Auswaschung bei Plastikrohrdränung in 25-50 cm Tiefe (Tabelle 11).

Tabelle: 11 Cl-Auswaschung

Dränart	Tiefe in cm	opt.Do- sis d. Wasser- gabe (% FK ⁺)	opt. Zahl d. Wasser- gabe	opt.Ent- fernung vom Drän- rohr o. Graben m	Auswaschung in %
Ton- rohr	0-25	100	5	3	95,3
	25-50	100	5	3	95,4
Pla- stik- rohr	0-25	100	4	keine un- terschiedl. Wirkung bis 12 m	91,9
	25-50	50	5		52,6
off. Graben	0-25	150	5	"	80,7
	25-50	100	5	"	73,0

+) FK = Feldkapazität

SO₄: Die SO₄-Auswaschung verlief bei der Dränung durch offene Gräben am günstigsten (0-50 cm Tiefe). Während in der Tiefe von 0-25 cm bei Tonrohrdränung eine bessere SO₄-Auswaschung als bei der Plastikrohrdränung festzustellen ist, ist es in der Tiefe von 25-50 cm umgekehrt (Tab. 12).

Tabelle: 12 SO_4 -Auswaschung

Dränart	Tiefe in cm	opt.Do- sis d. Wasser- gabe % FK ⁺)	opt. Zahl d. Wasser- gabe	opt.Ent- fernung vom Drän- rohr o. Graben m	Auswaschung in %
Ton- rohr	0-25	100	3	6	44,2
	25-50	150	3	keine un- terschiedl. Wirkung bis 12 m	26,9
Pla- stik- rohr	0-25	150	3	"	26,2
	25-50	100	4	"	45,8
off. Graben	0-25	100	5	"	84,8
	25-50	100	6	"	69,1

+) FK = Felddkapazität

D) Austauschkapazität:

Eine Veränderung der Austauschkapazität durch Auswaschung konnte nicht festgestellt werden (in einer Tiefe von 0-20 bzw. 25 cm). Sie blieb mehr oder weniger konstant.

E) Austauschbares Na:

Mit einer Ausnahme einer Parzelle (H) nahm der Anteil des austauschbaren Natriums in allen Parzellen in einer Tiefe von 0-20 bzw. 25 cm ab. Die Abnahme schwankt zwischen 22,5 und 81,7 %. Die höchste Abnahme (81,7 %) konnte bei der Parzelle E (Plastikrohrdränung) festgestellt werden.

Tabelle: 13 Na-Auswaschung (Austauschbares Na)

Dränart	Parzelle	Tiefe in cm	Auswaschung in %
Tonrohr	A	0-20	62,78
	B	0-23	35,08
	C	0-20	38,41
	D	0-26	47,24
Plastikrohr	E	0-20	81,68
	F	0-25	46,91
	G	0-20	22,51
offener Graben	H	0-20	-,--
	J	0-26	32,94

Kultivierungsmaßnahmen:

Als wichtige Kultivierungsmaßnahme in Verbindung mit Auswaschungen und Dränung wurde der Anbau von Luzerne und mehrjährigen Gräsern erkannt. Zur Verbesserung der Bodenstruktur wurden im Oktober, nach Beendigung der Auswaschungen, Wicken angebaut. Im März, vor dem Baumwollanbau (Sorte: Koker, Reihenabstand 80 cm, 7 Reihen in einer Parzelle), wurde umgepflügt. Gleichzeitig wurden im Boden N, P und K bestimmt und die zum Baumwollanbau notwendigen Dünger N, P, K durch Mineraldüngung ausgeglichen. Später wurden die bei dem Baumwollanbau üblichen Arbeiten (hacken usw.) durchgeführt. Nach der Baumwollernte wurde Peru-Klee angebaut. Der Ertrag der Baumwollernte ist in Tabelle 14 angegeben. Der höchste Ertrag konnte bei den Plastikrohrdränungs-Parzellen geerntet werden.

Tabelle: 14 Baumwollertrag

Dränart	Parzelle	Ertrag kg/ha
Tonrohr	A	1276
	B	842
	C	1139
Plastikrohr	D	2022
	E	2420
	F	2380
offener Graben	G	1700
	H	656
	J	1018

Nach diesem Anbauversuch sowie nach den physikalischen und chemischen Untersuchungsergebnissen empfiehlt sich Plastikrohrdränung bei 176 mm Wassergabe mit 3 Wiederholungen als günstigstes Dränverfahren bzw. Entsalzungsverfahren für die Salzböden der Menemen-Ebene, gefolgt von Tonrohrdränung bei 176 mm Wassergabe mit 4 Wiederholungen und von Dränung durch offene Gräben bei 176 mm Wassergabe mit 6 Wiederholungen.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Beurteilung der Dränverfahren bzw. für ihre Auswahl ist jedoch die Wirtschaftlichkeit. Daher ist die Frage zu untersuchen, welche Maßnahmen im Bereich der Dränage und Auswaschung nach den ökonomischen Kriterien den Vorzug verdienen, oder ob sie überhaupt in einem gegebenen Entscheidungszeitpunkt wirtschaftlich zweckmäßig sind. Bei der Auswahl bestimmter Dränarten müssen die jährlichen Unterhaltungskosten, die Lebensdauer und die Anfangsinvestitionen berücksichtigt werden. Während sich die Rohrdränung nach der Lebensdauer und den jährlichen Unter-

haltungskosten gegenüber der Dränung durch offene Gräben als ökonomischer erweist, liegen die Anfangsinvestitionskosten bei der Rohrdränung weit höher als bei offener Grabendränung.

Eine endgültige Beurteilung, welches Drän- bzw. Entsalzungsverfahren für die Salzböden der Menemen-Ebene am günstigsten ist, ist daher erst nach dem Vorliegen der ökonomischen Daten möglich.

9. Zusammenfassung und Vorschläge für die Praxis

In der Menemen-Ebene bei Izmir (West-Türkei) kommen alluviale Salz- bzw. Salzaikaliböden vor, deren Versalzung sowohl auf natürlichem als auch auf künstlichem Wege erfolgt. Es lag nahe, in diesem Gebiet Versuche zur Bodenverbesserung durchzuführen und ein geeignetes Dränsystem für dieses Bewässerungsgebiet herauszufinden. Es wurden drei Dränarten (Tonrohr, Plastikrohr und offene Gräben) mit verschiedenen Wassergaben (50, 100 und 150 % der Feldkapazität) und Zahlen der Wassergaben (1-10) untersucht. Als weitere Maßnahmen zur Verbesserung dieser Böden wurden nach Beendigung der Auswaschungen auf dem Versuchsfeld Luzerne (Wicken) angebaut. Um die Wirkung der Verbesserungsmaßnahmen auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens feststellen zu können, wurden vor und nach der Auswaschung folgende physikalische und chemische Kennwerte bestimmt: Spezifisches Gewicht, Volumengewicht, Korngrößenverteilung, Gesamtporenvolumen, Porengrößenverteilung, Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, Infiltrationsrate, elektrische Leitfähigkeit, lösliche und austauschbare Kationen, Austauschkapazität, pH-Wert und CaCO_3 . Außerdem wurden Grund- und Bewässerungs- bzw. Auswaschungswasser auf ihren Salzgehalt untersucht.

Physikalische Kennwerte und ihre Veränderungen

Mit Ausnahme einer Parzelle bei der Plastikrohrdränung mit 176 mm Wassergabe konnte keine nennenswerte Veränderung des Gesamtporenvolumens durch Auswaschung festgestellt werden, während die Porengrößenverteilung deutliche Veränderungen aufwies. Das Verhältnis Feinporen + Mittelporen zu Grobporen liegt nämlich nach

der Auswaschung deutlich höher als vorher.

Da auch die Infiltrationsrate und Permeabilität (abgesehen von zwei Parzellen E und J) nach der Auswaschung abnehmen, läßt diese Tendenz auf eine schwache Verdichtung bzw. Verschlämmung schließen, was auf die Zufuhr der im Bewässerungswasser mitgeführten Schwebstoffe und leichte Zerstörbarkeit der Grobporen infolge schwacher Strukturstabilität zurückzuführen ist.

Dagegen zeigen Feldkapazität und nutzbare Wasserkapazität nach der Auswaschung bei allen Parzellen einen deutlichen Anstieg.

Im Gegensatz zu den chemischen Werten ergeben die physikalischen Werte hinsichtlich der unterschiedlichen Dränarten und Wassergaben keine regelmäßigen Veränderungen. Ein Unterschied zwischen den einzelnen Dränarten und den Wassergaben bei gleicher Dränart ist wenig ausgeprägt, so daß deutliche Aussagen über die Wirkung der verschiedenen Dränverfahren auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens nicht möglich sind.

Chemische Kennwerte und ihre Veränderungen

Die chemischen Untersuchungen haben gezeigt, daß der Salzgehalt der Böden bei allen Dränverfahren erheblich gesunken ist. Der Anteil des austauschbaren Natriums an der Austauschkapazität nahm ebenfalls sehr stark ab. Allerdings war die Wirkung der verschiedenen Dränarten, Wassergaben und Zahl der Wassergaben auf die chemischen Eigenschaften des Bodens unterschiedlich. Diese Feststellungen konnten durch statistische Auswertungen erzielt werden, da während der gesamten Versuchszeit etwa 3.000 Proben entnommen und untersucht wurden. Außerdem handelte es sich bei diesen Versuchen

nicht nur um mehrere Faktoren, sondern um mehrere Faktoren, die je auf verschiedene Stufen eingestellt sind und über deren Wechselwirkungen nur durch komplizierte statistische Auswertungen Auskünfte zu erhalten sind.

An Hand statistischer Auswertungen wurden die beste Dränart, die optimale Wassergabe und die optimale Zahl der Wassergaben und der optimale Dränabstand der untersuchten Böden herausgefunden.

Nach den Untersuchungen stellte sich die Plastikrohrdränung bei 176 mm Wassergabe mit drei Wiederholungen als günstigstes Verbesserungsverfahren für diese Salzböden heraus. Diese Feststellung wurde auch durch die Produktivitätsvergleiche bestätigt. Denn der höchste Baumwollertrag wurde auf der Parzelle E (Plastikrohr, 176 mm Wassergabe) erzielt.

Bei der Tonrohrdränung empfiehlt sich 176 mm Wassergabe mit vier Wiederholungen und bei der Dränung durch offene Gräben 176 mm Wassergabe mit sechs Wiederholungen.

Vorschläge für die Praxis:

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß eine Entsalzung der leichten und mittleren Böden mit Hilfe der systematischen Dränung möglich ist. Folgende Faktoren sind zu beachten:

- a) Das Eindringen von Meerwasser soll verhindert werden.
- b) Die Bewässerungskanäle sind abzudichten und Endkanäle so schnell als möglich zu betonieren.
- c) Das Bewässerungs- bzw. Auswaschungswasser sollte möglichst von Schwebstoffen freigehalten werden.

- d) Natrium- und chloridhaltige Düngermittel sind zu vermeiden.
- e) Der Reisanbau zur Entsalzung, der schon in der Ebene eingeführt ist, muß sachgemäß durchgeführt werden.
- f) Voraussetzung für die Anwendung der systematischen Dränung zur Entsalzung ist die Organisation der Bauern zu Kooperativen, die eine Anlage der Dränsysteme ohne Rücksicht auf Grundstücksgrenzen ermöglichen.
- g) Die Bauern müssen über Bewässerungs- und Entwässerungsverfahren ausgebildet werden.
- h) Unter staatlichen Direktiven und Kontrollen muß die Entsalzung durchgeführt werden. Die nach der Entsalzung erforderliche "Zwischenbewirtschaftung" bedarf einer staatlichen Überwachung und Kontrolle.

Literaturverzeichnis

- AKALAN, I.: Typical saline alkali hydromorphic alluvial soils of central Anatolia. Year Book 1962, Ankara Univ. Fak. Yay
- ALAGÖZ, H.: Cumra Sulama alanunda coraklasma sebepleri ve giderilmesi Yollari. Diss. Ankara 1950 (T.)
- ALAGÖZ, H.: Menemen ovasi sulamasi ve meseleleri üzerinde araştırmalar A.Ü.2.F. yayinlari Nr. 131, Ankara 1957 (T.)
- ALTUĞLU, B.: iklim rasat neticeleri Nr. 22 Menemen-Izmir 1966
- AVERYANOV, S.: et al. Drainage Systems and Management. International Source-Book on Irrigation and Drainage of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity (Draft Ed.) S. 443-508, FAO/Unesco Rome. 1967
- AUBERT, G.: et al. Soils in Relation to Salinity, Irrigation and Drainage. International Source-Book on Irrigation and Drainage of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity. (Draft Ed.) S. 92-122, FAO-Unesco, Rome. 1967
- BABCOCK, K.L.: et al. Chemistry of Saline and Alkali Soils of Arid Zones. International Source-Book on Irrigation and Drainage in Relation to Salinity and Alkalinity. (Draft Ed.), S. 175-217, FAO/Unesco, Rome. 1967

- BAILLY, F. und
HARTAGE, K.H.: Porenvolumen und Porengrößenverteilung in Lößparabraunerden im südlichen Niedersachsen, Z. Pflanzener.Düng. Bodenk. 115, 17-28 (1966)
- BALCI, A. und
MERTIN, W.: Versuchsanlage zur vergleichenden Untersuchung verschiedener Bewässerungsmethoden. Z. für Kulturtech. und Flurber. 15, 161-169 (1974)
- BEYCE, Ö.: Studien zur Verbesserung von Salzböden, Ankara-Topiaksu 1962
- BINSACK, R.: Untersuchungen über die Eignung von Kunststoffrohren als Dränstränge. Das Kunststoff-Rohr H.J. München 1961
- BONARIUS, H.: Untersuchungen über die Wasser- und Salzbewegung im Boden in Abhängigkeit vom Jahreswitterungsverlauf und von der Bewässerung in der Sibari-Ebene (Südtalien) Diss. Kiel 1970
- BREBURDA, J.: Salz- und Alkaliböden in Trockengebieten der Sowjetunion und ihre Verbesserung. Z. f. Kulturtech. und Flurbereinigung, 2. 81-90 (1966)
- BRINK, N.,
NILSSON, S.: Das Leistungsvermögen von Dränrohren aus Kunststoff. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 6. 44-51 (1965)

- CAGLAR, K.Ö.: Die Salzböden in der Türkei.ref.
Ztschr. f. Pflanzenern., Düng.
Bodenk., S. 117-119 (1932)
- CHRISTIANSEN-
WENIGER, F.: Bewässerung und Bodenversalzung
im Nahen Orient. Landwirtschaft
im Ausland, 1. 3-5 (1967)
- CHRISTIANSEN-
WENIGER, F.: Ackerbauformen im Mittelmeerraum
und nahen Osten, dargestellt am
Beispiel der Türkei DLG.-Verlag,
Frankfurt/M. 1970
- CZERATZKI, W.: Eine keramische Platte zur serien-
mäßigen Untersuchung von Porengrö-
ßen im Boden. Spannungsbereich bis
etwa 1. atm
Z. Pflanzenern., Düng. Bodenk. 81
50-56, 1958
- DINCER, D. und
GUZELIS, I.: Hydrometre metodn ile Tekstür Tayini
Toprak ve Gübre Arastırma Enstitüsü
S. 8 Ankara (1961)
- DRENAJ: Teknik standartlar Serisi No. 4
Toprak.Su. Ankara 1969
- EGOROV, V.: Versalzte Böden und ihre Kultivie-
rung. Izdatel'stvo Akademii Nauk
SSSR, Moskova 1954
- EHLERS, W.: Gesamtporenvolumen und Porengrößen-
verteilung in unbearbeiteten und
bearbeiteten Lößböden. Z. Pflanzen-
ern.Düng.Bodenk. 134, 193-207 (1973)

- EL HAKIM, A.H.: Ökonomik der Bodenentsalzung.
Zeitschr. f. Bewässerungswirtschaft,
Sonderheft 2. DLG-Verlag, Frank-
furt/M (1973)
- ERDIN, E.: Versuche mit Unterflurbewässerung
im mediterranen Gebiet der Türkei.
Diss. Gießen 1972
- ERENCIN, M.: Salzbewegung und Versalzungstendenz
in einigen zentralanatolischen Acker-
böden unter dem Einfluß von Bewirt-
schaftung und Bewässerung. Diss.
Gießen 1971
- EYCLERS, H.: Die Verwendung von Kunststoffrohren
für die Dränung. Wasser und Boden
20, 53-59 (1968)
- FAO and UNESCO: International Source-Book on Irri-
gation and Drainage of Arid Lands
in Relation to Salinity and Alkali-
nity. (Draft Ed.) Rome 1967
- FEICHTINGER, F.: Die Wasseraufnahmefähigkeit der
Dränrohre. Österr. Wasserwirtschaft
18, 247-255 (1966)
- FIEDLER: Die Untersuchung der Böden, Band
1964 1-2, Verlag Theodor Steinkopf,
Leipzig (1965)
- FINCK, A.: Tropische Böden, Paul Parey-Verlag,
Hamburg 1963

- FREI, E.: Salzschäden durch zu hohe Düngergabe. Mitt. Schweiz.-Landw. 8, 122-128, Ref.soils a. Fertil. 23, (1960)
- FIREMAN, M. und WADLEIGH, C.H.: A Statistical Study Of The Relation Between pH And The Exchangeable Sodium Percentage of Western soils Sci. 71, 273-285 (1951)
- GARBRECHT, G.: Gediz und Euphrat als Beispiele großräumiger Wasserwirtschaftsplannungen, Wasser und Boden, 2, 42-46 (1968)
- HARTGE, H. und WENDL, E.: Die Bestimmung von Porenvolumen und Porengrößenverteilung. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 6. 135-205 (1965)
- HARTGE, K.H.: Der Zusammenhang zwischen Luft- und Wasserpermeabilität in Bodenproben Z. Pflanzener.Düng.Bodenk. 117, 97-107 (1967)
- HEIMANN, H.: Ein Beitrag zur Lösung des Salzproblems in der bewässerten Landwirtschaft arider und semiarider Gebiete 2. "Afrika Heute", Nr. 7 (1967)
- HUSEMANN, C. und PAHLKE: Vergleichende Feldversuche mit Dränrohren aus Kunststoff und Ton, Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 6, 334-346 (1965)

- HUSZ, G.: Einiges zur Theorie und Praxis der Salzbödenmelioration mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Seewinkel (Österreich) 1. Teil. Die Bodenkultur 16, 223-245 (1965)
- HUSZ, G.: Einiges zur Theorie und Praxis der Salzbödenmelioration mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Seewinkel (Österreich) 2. Teil Die Bodenkultur, 17., 1-34 (1966)
- HUSZ, G.: Ermittlung der pF Kurve aus der Textur mit Hilfe von multiplen Regressionen, Z. Pflanzenern.Düng. Bodenk. 116, 115-125 (1967)
- IMAMOGLU, A.E.: Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Bewässerungsverfahren auf physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens in der Menemen-Ebene Izmir/Türkei. Diss. Gießen 1973
- JANITZKY, P.: Salz- und Alkaliböden und Wege zu ihrer Verbesserung. Diss. Gießen 1957
- JUNG, L.: Beobachtungen und Untersuchungen über Bodenerosion in Thrazien und West-Anatolien. Z. f. Kulturtechnik 3, 337-355 (1962)

- JUNG, L. und
NEMETH, K.: Untersuchungen über die Ionennachlieferung in einigen nordpersischen Böden. Z. Pflanzenern., Düng. Bodenk. 113, 131-140 (1966)
- JUNG, L. und
ROHMER, W.: Bodenkundliche Übersicht über das Untersuchungsgebiet am Kizil-Irmak zwischen Koprükoy und Kesikköprü. Vervielfält. Manuskript, Türkei (1963)
- JUNG, L. und
ROHMER, W.: Vergleichende Untersuchungen über die Eignung von Natriumphosphat und Calgon zur Dispergierung von CaCO_3 -haltigen sowie tonreichen Böden. Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 7, 268-273 (1966)
- KEGLER, J. und
JACHIMSKY, G.: Zur Methodik der Porengrößenanalyse an den Böden mit Hilfe keramischer Saugplatten - Bericht der Oberhess. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Gießen, Neue Folge. Naturwissenschaftliche Abteilung 36, 47-54 (1968)
- KELLEY, W.P.: Adsorbed Na-cation exchange, capacity and percentage Na saturation of alkali soils. Sci 84. 1957
- KELLEY, W.P.: Alkali Soils. Their Formation, Properties and Reclamation, Reinhold Publishing Corporation. New York 1951

- KOVDA, V.A.: Land Scapes in Relation to Irrigation, Drainage and Salinity. International Source-Book of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity (Draft Ed.), 218-245, FAO/Unesco, Rome (1967)
- KOWALD, R.: Technische, hydraulische und bodenkundliche Probleme der Tonrohrdränung insbesondere in Marschgebieten
Habilitationsschrift Gießen
1968
- KREEB, K.: Ökologische Grundlagen der Bewässerungskulturen in Subtropen.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
1964
- LAWHONS, L.F.: Field Method for analysing the salinity problem on irrigated Lands.
Soil Sci. 67, 299-303 (1949)
- LOMTADSE, W.: Bodenphysikalisches Praktikum.
VEB Verlag Technik, Berlin 1955
- LÜTTMER, J. und
JUNG, L.: Über die Eignung des $\text{Na}^4\text{P}_2\text{O}_7$ zur Dispergierung bei der mechanischen Bodenanalyse. Notizbl. hess. L.Amt für Bodenforschung 83, 282-291
(1955)
- MANN, G.: Zum Einfluß der Durchlässigkeit von Dränrohren. Mitt. d. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft. 18, 14-22
(1970)

- MAYER-WEGELIN, H. Forstlich bodenkundliche Ermittlungen in einem nordanatolischen, von bäuerlichen Siedlungen durchsetzten Walagebiet. Forstw. Centralblatt, 86 133-156 1967
- MERTIN, W.: Vergleichende Untersuchungen mit verschiedenen Bewässerungsverfahren auf mediterranen Böden der Türkei. Z. f. Bewässerungswirtschaft. H. 1, S. 24-43 Frankfurt 1968
- MERTIN, W.: Untersuchungen an verschiedenen Bewässerungsverfahren auf alluvialen Böden im Raum Izmir-Menemen, Türkei. Z. f. Bewässerungswirtschaft, H. 1, S. 63-73, Frankfurt 1970
- MERTIN, W.: Wasserverbrauch eines Bewässerungsgebietes in der West-Türkei in den Jahren 1967, 1968, 1969, Wasser und Boden. H. 9, S. 160-165, Hamburg 1971
- MERTIN, W.: Der Wasserpreis in einem Bewässerungsgebiet der West-Türkei. Z. f. Bewässerungswirtschaft, H. 1, S. 96-110, Frankfurt 1971
- MERTIN, W.: Ein Beitrag zur Entwicklung eines Bewässerungsgebietes: Die Entwicklung des Bewässerungsgebietes Mene-men-Ebene in der Türkei. Sonderdruck aus "Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft" 7 Heft 1/2, S. 30-38 1972

- MILLAR, C.E. und
TURK, L.M.: Fundamentals of Soil Science,
John Wiley and Sons Inc. New York
1954
- MITSCHERLICH, E.A.: Bodenkunde, Paul Parey Verlag,
Berlin 1954
- MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirt-
schaftliche Versuche. Paul Parey
Verlag, Hamburg 1958
- NART, N.T.: Die Bodenverhältnisse in Tahirova
unter besonderer Berücksichtigung
der Bodenerosion, der Deltabildung
und der Versalzung. Diss. Gießen
1966
- OAKES, H.: Türkiye Topraklari, EGE Üni. Matba
Izmir 1958
- ÖZALP, N.: Menemen ovasında yetisttirilen bas-
lica mahsullerin su istihlaki ve su
ihtiyaci tahminleri
KÖY Isleri Bakanligi Nr. 62 Ankara
1967
- ÖZGÜREMEZ, N.: Wirkung verschiedener Bewässerungs-
verfahren auf Entwicklung, Ertrag-
bildung und Nährstoffnahme der
Baumwollpflanze in der Menemen-Ebene.
Diss. 1974
- ÖZTAN, B.: Sulama sularinin kalitesi ve topra-
klara olan etkileri Türkiye Toprak
Ilmi dernegi yayin Nr. 1 229-249
(1969) (T)

- PFISTER, K.: Rückzahlungsfragen in Bewässerungsprojekten, dargestellt an Beispielen aus der Türkei. Diss. Hohenheim 1970
- PHILIPPSON, A.: Handbuch der Regionalen Geologie, H. 22, V. Band, Abt. Kleinasien 1968
- RENGER, M.: Ermittlung der Porengrößenverteilung aus der Körnung, dem Gehalt an organischer Substanz und der Lagerungsdichte. Z. Pflanzener.Düng.Bodenk. 130, 53-67 (1971)
- RICHARDS, L.A.: Pressure membrane apparatuses for soil Solution, Soil Sci, 57, 377-386 (1941)
- RICHARDS, L.A.: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Salinity Laboratory Straff. Department of Agvic (1954)
- ROHMER, W.: Bodenverhältnisse und Entwicklungsmöglichkeiten in einem typischen, zentralanatolischen Gebiet mit bäuerlicher Betriebsstruktur. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 10, 143-156 (1969)
- ROHMER, W.: Maßnahmen zur Entsalzung der Böden. Z. für Bewässerungswirtschaft, 4. Tg., H. 1, 123-127 (1969)

- SAATCI, F.: Clay mineral research of great group soil of Izmir region. Ege Univ. Zir. Fak, yoy, Nr. 71, 1964
- SAATCI, F.: Izmir, Manisa, Aydin ve Mugla bölgelerinde sulamada kullanılan ateziyen, kuyu bazı nehir sularinin sulama yönünden kaliteleri üzerinde araştırmalar, Ege Univ. Zir. Fak. yay Nr. 139 Izmir (1967) (T)
- SAATCI, F. und TUNCAY, H: Ege Bölgesi Tuzlu ve Alkali toprakları üzerinde araştırmalar Ege Univ. Fak. yay Nr. 71 Izmir (1971)
- SAATCILAR, M. und YEMISCIOGLU, Ü.: Ege bölgesi corak sahalarının vasi-
flarının tayini testi
Toprak su Araştırma Enstitüsü Mene-
men-Izmir (1965)
- U.S. SALINITY
LABORATORY STAFF: Diagnosis an improvement of saline
and alkali soils. U.S.A. Handbook
Nr. 60 (1954)
- SAVRYGIN, P.: Der Wasser- und Salzhaushalt be-
wässerter Böden bei hohem Grundwasser-
Stand. Akademii Nauk, SSR, Moskava 8,
497-508 (1951)
- SAXEN, A.: Entsalzungsbeispiele arider Böden
für Bewässerungswirtschaft 4. Tg.,
H. 1, 128-129 (1969)

- SCHEFFER und Lehrbuch der Bodenkunde,
SCHACHTSCHABEL: Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
1970
- SCHLICHTING, E. und Bodenkundliches Praktikum Paul Parey
BLUME, H.P.: Verl. Berlin 1966
- SPANGLER, M.G.: Permeabilitätsmessung im Labor bei
der gestörten Bodenprobe. Soil
Engineering International Textbook.
Company Scranton 1951
- THUN und MIT- Die Untersuchung von Böden Band I.,
ARBEITER: Neumann-Verlag, Berlin (1955)
- TOPRAK-SU Menemen ovasi temel toprak etüdü.
Genel Müd.: Raporlar serisi: 24 Ankara 1971
- WALTER, H.: Wie kann man den Klimatypus anschau-
lich darstellen? Umschau in Wissen-
schaft und Technik, H. 24 (1957)
- WEBER, H.W.: Hoffnung für versalzte Böden. Z.
'Bild d. Wissenschaft', H. 7,
9. Jahr (1972)
- WILCOX, I.C.: Determination of electrical conduc-
tivity of Soil solution, Soil Sci.
63, 1947
- WILCOX, I.C.: The quality of water for irrigation
use. U.S. Dept. Agric.Tech. Bull
962, 1968

WOLFF, P.:

Das Problem der Bodenversalzung
und übermäßiger Bodennässe in der
Bewässerungswirtschaft Westpakistans
Z. f. Kulturtech. und Flurbereini-
gung, 12, 163-167 (1971)

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle A

Anhang: 1

	Vor der Auswaschung																
	Porengrößenverteilung								Korngrößenverteilung								
	Entfernung von Brun- nen in m	Tiefe in m	Raumgewicht	Substanz Vol %	Luft Vol %	Wasser Vol %	G.P.V.	grob	mittel	fein	Ton	Schluff	Sand grob	Sand fein	Bodenart		
	2,5	0-53	1,43	45,1	15,2	39,7	54,9	11,0	6,6	19,7	17,6	11,8	62,3	24,7	1,2	sLU	
		53-78	1,36	44,1	24,5	31,4	55,9	14,8	22,9	9,4	8,8	10,9	49,3	37,3	2,5	uLS	
		78-120	1,43	46,9	11,8	41,3	53,1	9,9	2,1	6,8	34,3	15,0	56,1	25,1	3,8	sLU	
	5,0	0-50	1,43	52,2	18,7	29,1	47,8	6,0	5,0	12,3	24,5						
		50-80	1,38	42,5	30,8	25,7	57,5	23,5	18,7	7,4	7,9						
		80-120	1,45	45,6	12,7	41,7	54,4	10,5	2,2	2,5	38,8						
	7,5	0-63	1,48	46,4	14,5	39,1	53,6	10,4	5,8	9,9	27,5						
		63-80	1,33	45,8	16,8	37,4	54,2	9,5	18,5	15,7	10,5						
		80-120	1,38	47,2	15,3	37,5	52,8	8,4	2,3	3,6	38,5						
	10,0	0-60	1,51	47,4	14,2	38,4	52,6	9,9	7,6	20,0	15,1						
		60-74	1,40	44,4	22,8	22,8	55,6	27,5	15,1	6,2	6,4						
		74-120	1,38	43,4	12,5	44,1	56,6	10,7	5,0	11,4	29,5						
	2,5	0-53	1,36	44,3	16,7	39,2	55,9	9,3	9,4	9,0	28,2	15,2	53,3	24,3	1,2	sLU	
		53-78	1,28	40,6	15,5	43,9	59,4	9,8	13,3	28,6	7,7	14,8	39,0	42,5	3,7	LS	
		78-120	1,39	44,4	17,7	37,9	55,6	6,6	2,0	33,2	13,8	23,6	53,3	20,7	2,4	uL	
	5,0	0-50	1,43	41,4	19,5	39,1	58,6	12,0	7,3	15,4	23,9	17,6	56,4	24,9	1,1	sLU	
		50-80	1,33	42,0	20,0	38,0	58,0	9,2	15,0	21,0	12,8	14,6	43,4	39,7	2,3	uLS	
		80-120	1,36	42,8	14,7	42,5	57,2	3,4	3,4	21,2	29,2	25,8	55,6	17,4	1,2	uL	
	7,5	0-55	1,39	44,3	23,2	32,5	55,7	9,4	8,0	20,4	17,9	14,0	61,2	23,7	1,1	sLU	
		55-86	1,31	41,9	15,5	42,6	58,1	9,9	10,6	16,4	21,2	12,1	44,1	41,4	2,4	uLS	
		86-120	1,44	43,6	14,3	37,1	51,4	9,6	1,4	19,3	21,1	15,7	60,0	22,0	2,3	uL	
	10,0	0-60	1,41	45,7	23,2	31,1	54,3	10,9	8,8	18,5	16,1	20,9	60,2	18,0	0,9	uL	
		60-74	1,36	43,5	16,7	39,8	56,5	12,1	25,2	10,8	8,4	12,6	44,5	40,7	2,2	uLS	
		74-120	1,42	45,1	12,5	42,4	54,9	5,2	4,7	1,8	43,2	21,7	60,0	17,2	1,1	uL	

Prozentuale Verteilung der einzelnen Porenbereiche
an G P V bei der Tonrohrdrückung

Anhang: 2

Entfernung von der Tonrohr- drückung in m	Tiefe in cm	Grobporen >50 μ 0-1,5 H		Grobporen 50-100 μ 1,8-2,5 H		Mittelporen 10-0,2 μ 2,5-4,2 H		Feinporen <0,2 μ 4,2 H weit	
		Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung
2,5	0- 53	20,0	16,7	12,0	16,9	35,8	16,2	32,2	50,2
	53- 78	26,5	16,5	41,0	22,3	16,8	48,1	15,7	13,1
	78-120	18,6	11,5	4,0	3,6	12,8	59,7	64,6	24,8
5,0	0- 50	12,6	20,5	10,5	12,5	25,7	26,3	51,2	40,7
	50- 80	40,9	19,6	32,5	27,6	12,9	36,2	13,7	16,6
	80-120	20,0	10,6	4,0	5,2	4,6	37,1	71,4	16,4
7,5	0- 63	19,4	16,8	10,8	14,4	18,5	36,6	51,3	32,2
	63- 80	17,5	17,0	34,1	18,2	30,0	28,2	18,4	36,6
	80-120	15,9	18,7	4,4	2,7	6,8	37,5	72,9	41,1
10,0	0- 60	18,8	20,1	14,4	16,2	38,0	34,1	28,8	29,6
	60- 74	49,1	21,4	28,2	44,6	11,1	19,1	11,6	14,9
	74-120	18,9	9,5	8,8	8,6	20,1	3,3	52,2	78,6
2,5	0- 43	23,6	13,4	3,3	7,8	27,7	7,6	45,4	71,2
	43- 73	28,8	12,4	8,3	15,5	21,2	0,2	41,7	71,9
	73-120	33,5	10,7	3,3	9,8	11,1	23,5	52,1	56,0
5,0	0- 48	22,8	16,5	2,7	13,3	40,5	21,1	34,0	49,1
	48- 74	36,5	18,3	8,1	21,0	42,6	20,4	12,8	40,3
	74-120	19,8	2,3	1,1	7,0	10,5	23,5	69,6	67,2
7,5	0- 67	24,6	16,3	2,6	16,1	27,7	27,3	45,1	40,3
	67- 88	27,4	24,3	4,4	26,2	15,0	26,7	53,2	22,8
	88-120	22,1	0,7	1,4	3,5	0,4	20,0	77,1	75,8
10,0	0- 63	23,2	17,3	2,2	12,6	30,5	20,7	44,1	49,4
	63- 73	44,1	13,0	15,3	6,9	12,1	8,3	28,5	71,8
	73-120	24,8	10,8	2,0	7,9	0,2	33,7	73,0	47,6
2,5	0- 50	19,8	13,6	16,6	12,2	16,8	42,1	46,8	32,1
	50- 80	21,5	22,9	34,2	22,9	27,5	32,2	16,8	22,0
	80-120	28,2	10,9	7,5	9,1	8,5	14,8	55,8	65,2
5,0	0- 57	13,9	31,3	9,1	9,3	19,9	17,3	57,1	42,1
	57- 86	35,2	12,7	30,7	8,0	18,1	18,7	11,0	60,6
	86-120	14,7	6,2	6,5	8,4	10,4	36,4	68,4	49,0
7,5	0- 58	11,8	26,1	14,7	17,3	24,5	18,9	49,0	37,7
	58- 85	23,4	18,4	25,7	19,3	35,6	32,7	15,3	29,6
	85-120	14,5	10,9	4,1	6,9	1,0	6,8	80,4	75,4
10,0	0- 40	27,9	11,4	21,0	8,7	29,2	15,2	21,9	64,7
	40- 50	30,2	16,5	32,8	18,3	15,3	36,3	21,7	28,9
	50- 83	22,2	30,9	9,6	36,5	5,4	15,3	63,0	17,3
	83-120	40,7	11,0	9,6	5,9	5,7	1,7	44,0	81,4

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkenpunkt in der Parzelle A

Anhang: 3

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NaK	PWK	FK	NaK	PWK
2,5	0- 53	37,3	24,8	12,5	37,0	18,9	18,1
	53- 78	18,2	11,7	6,5	36,3	30,3	6,0
	78-120	41,1	17,1	24,0	57,0	47,1	9,9
5	0- 50	36,8	19,7	17,1	39,3	22,6	16,7
	50- 80	15,3	9,6	5,7	30,6	21,0	9,6
	80-120	41,3	14,5	26,8	50,2	21,2	29,0
7,5	0- 63	37,4	18,8	18,6	38,3	25,4	12,9
	63- 80	26,2	18,3	7,9	37,6	21,4	16,2
	80-120	42,1	14,2	27,9	60,4	24,9	35,5
10	0- 60	35,1	25,1	10,0	34,6	23,2	11,4
	60- 74	12,6	8,0	4,6	19,2	13,0	6,2
	74-120	40,9	19,5	21,4	45,0	14,6	30,4

Permeabilität in der Parzelle A

Anhang: 4

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 20	0,2205	0,0588	-	0,021
	20- 50	-	-	-	0,0334
	50- 80	0,3519	0,1377	0,234	-
	80-100	-	-	-	0,292
	100-120	-	-	0,0222	-
6	0- 20	0,1430	0,0572	-	-
	20- 50	-	-	-	-
	50- 80	0,1800	0,0750	-	-
	80-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	-	-
9	0- 20	0,1292	0,0456	-	0,0141
	20- 50	-	-	-	-
	50- 80	-	-	0,0198	0,0668
	80-100	0,1203	0,0528	-	-
	100-120	-	-	-	-
12	0- 20	-	-	-	-
	20- 50	0,2860	0,1001	-	-
	50- 80	-	-	-	-
	80-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	-	-

Anhang: 5 Infiltrationsrate in der 0-20 bzw.
25 cm mm/h

Dränart	Parzelle	Vor der Auswaschung	Nach der Auswaschung
Tonrohr	A	17,7	4,4
	B	17,7	4,1
	C	17,8	10,3
Plastikrohr	D	14,7	6,0
	E	14,1	6,5
	F	14,3	11,2
offener Graben	G	17,5	5,0
	H	17,6	8,1
	J	14,1	6,1

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle B

Anhang: 6

Vor der Auswaschung

Nach der Auswaschung

Entfernung von Drän- rohr in m	Tiefe in cm	Raumgewicht	Substanz Vol %	Luft Vol %	Wasser Vol %	O.P.V.	Porengrößenverteilung					Korngrößenverteilung				
							grob		mittel fein			Ton	Schluff	Sand grob	Sand fein	Bodenart
							$>50 \mu$ P_2	$50-10 \mu$ P_2	$10-0,2 \mu$ P_2	$0,2-0,075 \mu$ P_2	$0,075-0,025 \mu$ P_2					
2,5	0-43	1,49	45,4	17,1	37,5	54,6	12,9	2,9	19,3	19,5		18,5	56,4	1,1	24,0	uL
	43-73	1,35	40,7	24,2	35,1	59,3	17,3	4,9	27,9	9,2		13,0	49,5	3,1	34,4	uLS
	73-120	1,33	36,2	23,2	40,6	63,9	21,4	2,1	8,7	31,6		15,1	50,3	5,3	29,3	sLU
5,0	0-48	1,45	44,2	17,2	38,6	55,8	12,7	1,5	22,6	19,0						
	48-74	1,38	39,5	25,7	34,8	60,5	20,4	4,9	25,8	9,4						
	74-120	1,44	47,5	11,8	40,7	52,5	10,4	1,3	5,5	35,3						
7,5	0-67	1,46	42,6	17,0	40,4	57,4	14,1	1,5	20,1	1,7						
	67-88	1,48	47,4	16,8	35,8	52,6	14,4	2,2	14,0	21,9						
	88-120	1,42	44,7	14,2	41,1	55,3	12,2	0,8	2,0	40,3						
10,0	0-63	1,47	45,2	15,7	39,1	54,8	14,7	1,2	17,5	21,4						
	63-73	1,40	42,4	33,7	23,9	57,6	25,4	8,8	7,7	15,7						
	73-120	1,41	44,3	17,5	38,4	55,7	13,8	1,1	2,3	38,5						
2,5	0-43	1,56	51,5	12,0	36,5	48,5	6,5	3,8	3,7	34,5		22,7	54,8	1,5	21,0	uL
	43-73	1,44	45,0	13,2	41,8	55,0	6,8	8,5	0,1	39,6		20,5	42,7	4,6	32,2	suL
	73-120	1,48	47,7	12,2	40,1	52,3	5,6	5,1	12,3	29,3		26,1	51,6	1,6	20,7	uL
5,0	0-48	1,40	46,6	18,5	34,9	53,4	8,8	7,1	11,3	26,2		21,6	60,4	1,1	16,9	uL
	48-90	1,34	42,8	19,8	38,4	57,2	10,5	12,0	11,7	23,0		22,6	44,8	3,3	29,3	suL
	90-120	1,48	41,3	12,5	40,2	52,7	1,2	3,7	12,4	35,4		31,0	49,8	1,8	17,4	tL
7,5	0-67	1,35	43,6	20,0	36,4	56,4	9,2	9,1	15,3	22,7		22,3	51,6	1,6	24,5	uL
	67-88	1,33	42,3	15,7	42,0	57,7	14,0	15,1	15,4	13,2		13,7	51,6	3,0	31,7	sLU
	88-120	1,42	46,1	12,3	39,6	51,9	0,4	1,8	10,4	39,3		20,9	61,5	3,4	14,2	uL
10,0	0-63	1,31	42,1	23,8	34,0	57,9	10,0	7,3	12,0	28,6		12,5	64,3	1,2	22,0	sLU
	63-73	1,48	50,7	15,7	33,6	49,3	6,4	3,4	4,1	35,4		13,6	50,9	2,7	32,8	uLS
	73-120	1,54	50,7	15,7	36,3	52,0	5,3	3,9	10,6	32,2		24,8	60,4	1,9	12,9	uL

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkepunkt in der Parzelle B

Anhang: 7

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NwK	PWK	FK	NwK	PWK
2,5	0- 43	34,6	21,5	13,1	38,2	16,1	22,1
	43- 73	21,8	15,0	6,8	39,7	12,2	27,5
	73-120	38,7	14,9	23,8	41,6	22,2	19,8
5	0- 48	36,5	26,9	9,6	37,5	18,8	18,7
	48- 74	20,7	13,9	6,8	34,7	17,5	17,2
	74-120	40,8	16,3	24,5	47,8	23,9	23,9
7,5	0- 67	37,6	22,7	14,9	38,1	21,3	16,8
	67- 88	29,8	15,0	14,8	28,6	18,7	9,9
	88-120	40,5	12,1	28,4	59,7	32,0	27,7
10	0- 63	36,1	18,9	13,2	40,6	18,8	21,8
	63- 73	15,1	9,3	5,8	39,5	15,6	23,9
	73-120	38,6	11,2	27,4	40,1	16,6	23,5

Permeabilität in der Parzelle B

Anhang: 8

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 23	0,2142	0,0765	-	-
	23- 43	-	0,0304	-	-
	43- 73	0,1224	0,0459	-	-
	73-100	-	0,0314	-	-
	100-120	-	-	0,1490	0,1020
6	0- 23	-	0,0465	-	0,0129
	23- 43	-	-	0,290	0,0129
	43- 73	-	0,0276	-	-
	73-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	-	-
9	0- 23	-	0,0442	0,0335	0,0268
	23- 43	-	-	-	0,0268
	43- 73	-	-	-	-
	73-100	0,0990	0,0660	-	-
	100-120	-	-	0,0816	0,034
12	0- 23	-	-	-	-
	23- 43	-	-	0,0396	0,0264
	43- 73	-	-	-	-
	73-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	0,0804	0,0134

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle C

Anhang: 9

	Entfernung von der Rohr- tiefe in cm	Kaugewicht	Substanz Vol %	Luft Vol %	Wasser Vol %	G.P.V.	Porengrößenverteilung				Korngrößenverteilung				
							grob		mittel		Ton	Schluff	Sand grob	Sand fein	Bodenart
							>50 μ 0-1,8 p μ	50-100 μ 1,8-2,5 p μ	100-250 μ 2,5-4,2 p μ	<0,2 μ 4,2 μ p μ					
Vor der Auswaschung	2,5 0-50	1,53	48,1	15,8	36,1	51,9	10,3	8,6	8,7	24,3	13,7	56,2	1,4	26,7	sLU
	50-80	1,27	39,1	17,8	42,1	59,9	12,9	20,5	16,5	10,0	10,9	47,0	4,1	38,0	uLS
	80-120	1,38	41,2	19,5	39,3	58,8	16,6	4,4	5,0	32,8	15,6	49,6	6,7	28,1	suL
	5,0 0-57	1,42	44,8	12,2	43,0	55,2	7,7	5,0	11,0	31,5					
	57-86	1,36	42,1	23,3	34,6	57,9	20,4	17,8	10,5	9,2					
	86-120	1,50	49,1	11,3	39,6	50,9	7,5	3,3	5,3	34,8					
	7,5 0-58	1,48	49,8	9,3	40,9	50,2	5,9	7,4	12,3	24,6					
	58-85	1,34	42,4	18,3	39,3	57,6	13,5	14,8	20,5	8,8					
	85-120	1,45	48,9	13,5	37,6	51,1	7,4	2,1	0,5	41,1					
	10,0 0-40	1,39	44,2	26,5	29,3	55,8	15,6	11,7	16,3	12,2					
	40-50	1,35	43,0	32,3	24,7	57,0	17,2	18,7	8,7	12,4					
	50-83	1,43	45,9	16,2	37,9	54,1	12,0	5,2	2,9	34,0					
	83-120	1,32	35,2	27,8	37,0	64,8	26,4	6,2	3,7	28,5					
Nach der Auswaschung	2,5 0-50	1,39	44,2	20,7	35,1	55,8	7,6	6,8	23,5	17,9	11,2	53,6	1,6	33,6	sLU
	50-80	1,36	56,4	17,7	38,9	56,6	13,0	13,0	18,2	12,4	11,5	47,8	2,2	38,5	uLS
	80-120	1,43	51,8	14,7	39,4	54,1	5,9	4,9	8,0	35,3	22,6	54,1	3,6	19,7	uL
	5,0 0-57	1,39	38,9	29,3	37,5	66,8	19,1	5,7	10,6	31,4	14,3	54,6	1,4	29,7	sLU
	57-86	1,42	46,4	18,8	34,8	53,6	6,8	4,3	10,0	32,5	11,5	46,8	2,4	39,3	uL
	86-120	1,44	48,6	12,3	40,1	52,4	3,2	4,3	18,7	26,2	20,0	48,1	6,3	25,6	suL
	7,5 0-58	1,34	44,4	29,2	26,4	55,6	14,5	9,6	10,5	21,0	16,8	50,2	2,2	30,8	sLU
	58-85	1,38	44,6	15,7	39,7	55,4	10,2	10,7	18,1	16,4	15,0	45,5	2,5	37,0	uLS
	85-120	1,45	46,7	12,8	40,5	53,3	5,8	3,7	3,6	40,2	20,4	45,9	10,5	22,4	suL
	10,0 0-40	1,58	48,3	19,2	28,9	48,1	5,5	4,2	7,3	31,1	12,2	49,9	2,7	35,2	uLS
	40-50	1,43	44,1	17,8	36,2	54,0	8,9	9,9	19,6	15,6	10,5	50,8	2,2	36,5	sLU
	50-83	1,40	47,3	19,7	37,3	57,0	17,6	20,8	8,7	9,9	11,2	43,9	12,0	32,3	uL
	83-120	1,40	51,7	15,3	39,5	54,8	6,0	3,2	0,9	44,7	20,1	58,0	6,4	15,5	uL

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkepunkt in der Parzelle C

Anhang: 10

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NWK	PwK	FK	NWK	PWK
2,5	0- 50	33,0	17,1	15,9	41,4	27,5	12,9
	50- 80	26,5	18,5	7,9	30,6	21,5	9,1
	80-120	37,8	14,0	23,8	43,3	18,6	24,7
5	0- 57	42,5	20,3	22,2	42,0	19,4	22,6
	57- 86	19,7	12,9	6,8	42,5	19,6	22,9
	86-120	40,1	16,9	23,2	54,9	36,7	18,2
7,5	0- 58	36,9	20,3	16,6	31,5	15,8	15,7
	58- 85	29,3	22,7	6,6	34,5	22,6	11,9
	85-120	41,6	12,9	26,7	43,8	16,1	27,7
10	0- 40	28,5	19,7	8,8	38,4	18,7	19,7
	40- 50	21,1	11,9	1,2	35,2	24,3	10,9
	50- 83	36,9	13,1	23,8	35,2	28,1	7,1
	83-120	32,2	10,6	21,6	55,6	23,7	31,9

Permeabilität in der Parzelle C

Anhang: 11

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 20	0,1000	0,060	-	-
	20- 50	-	-	0,0528	0,0396
	50- 80	-	-	-	-
	80-100	0,3340	0,1002	-	-
	100-120	-	-	0,1632	0,1495
6	0- 20	-	-	-	-
	20- 50	0,1145	0,6544	0,0612	0,0476
	50- 80	-	0,051	0,0332	0,0332
	80-100	0,2784	0,1218	-	-
	100-120	-	-	-	0,0444
9	0- 20	-	-	-	0,0128
	20- 50	0,0712	0,0712	0,0258	0,0258
	50- 80	-	-	0,0564	0,0282
	80-100	-	-	0,0997	0,0153
	100-120	-	-	-	-
12	0- 20	-	-	0,0393	0,0262
	20- 50	0,0752	0,0752	0,1323	0,0567
	50- 80	-	-	-	-
	80-100	0,0910	0,0548	-	-
	100-120	0,3857	0,1421	0,2961	0,0987

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle D

Anhang: 12

Vor der Auswaschung

Entfernung vom Drain- rohr in m	Tiefe in cm	Raumgewicht	Substanz Vol. %	Luft Vol. %	Wasser Vol. %	G. P. V.	Porengrößenverteilung				Korngrößenverteilung				
							Grob	mittel		fein	Ton	Schluff	Sand grob	Sand fein	Bodenart
							$>50 \mu$ $\frac{P}{P_0} 1,8$	$50-10 \mu$ $\frac{P}{P_0} 1,8-2,5$	$10-0,2 \mu$ $\frac{P}{P_0} 2,5-4,2$	$<0,2 \mu$ $\frac{P}{P_0} 4,2$					
2,5	0-50	1,40	53,5	20,5	36,4	56,9	10,4	6,7	17,7	22,1	18,0	65,5	1,0	15,5	uL
	50-90	1,27	51,3	20,7	38,1	58,8	10,1	11,2	24,4	13,1	17,0	62,9	0,6	19,3	uL
	90-120	1,45	59,0	25,5	33,7	59,2	18,2	3,7	11,2	26,1	17,6	65,9	1,2	15,3	uL
5,0	0-56	1,44	65,6	28,5	25,9	54,4	6,6	6,3	5,4	36,1					
	56-88	1,24	58,8	21,8	29,4	51,2	1,6	11,2	14,1	24,3					
	88-120	1,43	66,8	18,1	35,1	53,2	9,9	4,0	12,8	26,5					
7,5	0-45	1,43	63,4	31,6	31,8	63,4	15,7	6,6	5,7	35,2					
	45-87	1,27	60,4	23,8	35,8	59,6	12,3	10,8	13,4	23,1					
	87-120	1,41	66,5	26,5	37,3	63,8	15,7	10,3	2,7	35,1					
10,0	0-62	1,37	57,4	40,2	12,4	52,6	5,0	7,2	8,1	32,3					
	62-95	1,24	60,2	23,7	36,1	59,8	12,5	8,4	15,7	23,2					
	95-120	1,36	65,0	20,5	34,5	55,0	11,1	6,9	2,2	34,8					
2,5	0-50	1,43	47,0	14,0	39,0	53,0	2,9	6,6	17,8	25,7	16,2	64,3	1,2	18,3	sLU
	50-90	1,24	39,4	13,5	47,1	60,0	6,5	10,0	30,0	14,1	16,7	65,7	0,7	16,9	sLU
	90-120	1,51	41,6	11,8	46,6	58,4	7,4	3,3	6,8	40,9	21,2	65,0	1,5	12,3	uL
5,0	0-56	1,38	45,7	22,0	32,3	54,3	3,7	5,9	19,4	25,3	16,9	62,7	0,9	19,5	sLU
	56-88	1,27	40,0	16,0	44,0	60,0	5,3	5,9	28,4	20,4	17,2	62,5	0,8	19,5	uL
	88-120	1,42	47,3	16,2	36,5	52,7	0,6	1,5	15,3	35,3	20,9	64,1	1,7	13,3	uL
7,5	0-45	1,35	45,7	20,5	33,8	54,3	4,4	4,9	16,2	28,8	19,8	59,6	1,1	19,5	uL
	45-87	1,23	40,6	15,7	43,7	59,4	6,5	5,6	22,9	24,4	15,1	62,2	1,0	21,7	sLU
	87-120	1,50	40,7	12,0	47,3	59,3	9,0	3,9	13,7	32,7	23,8	60,8	1,9	13,5	uL
10,0	0-62	1,36	43,5	37,0	19,5	56,5	5,6	4,3	17,8	28,8	19,0	59,6	1,3	20,1	uL
	62-95	1,28	40,8	21,3	37,9	59,2	7,8	9,2	21,7	20,5	16,1	62,6	0,9	20,4	sLU
	95-120	1,38	45,2	15,0	39,8	54,8	7,3	2,0	6,0	39,5	21,2	61,1	1,8	15,9	uL

Nach der Auswaschung

Prozentuale Verteilung der einzelnen Porenbereiche
an G P V bei der Plastikrohrdränung

Anhang: 13

Entfernung von der Plastikrohr- dränung in m	Tiefe in cm	Grobporen >50 μ 0-1,5 FF		Grobporen 50-100 μ 1,5-2,5 FF		Mittelporen 10-0,2 μ 2,5-4,2 FF		Feinporen <0,2 μ 4,2 FF wert	
		Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung
2,5	0- 50	18,3	5,5	11,8	12,5	31,1	33,6	38,8	48,4
	50- 90	17,2	10,7	19,0	16,5	41,5	49,5	22,3	23,3
	90-120	30,7	12,7	6,3	12,7	18,9	11,6	55,1	63,0
5,0	0- 56	12,1	6,8	11,6	10,9	9,9	35,7	66,4	46,6
	56- 88	3,1	8,8	21,9	9,8	27,3	47,3	47,7	34,1
	88-120	18,6	1,1	7,5	2,8	24,1	29,0	49,8	67,1
7,5	0- 45	27,7	8,1	12,0	9,0	10,1	29,8	50,2	53,1
	45- 87	20,6	10,9	18,1	9,4	22,5	38,6	38,8	41,1
	87-120	29,3	15,2	11,7	6,6	5,0	23,1	54,0	55,1
10,0	0- 62	9,5	9,9	13,7	7,6	15,4	31,5	61,4	51,0
	62- 95	20,9	13,2	14,0	15,5	26,2	36,7	38,9	34,6
	95-120	20,2	13,3	12,5	3,6	4,0	10,9	63,3	72,2
2,5	0- 53	10,7	7,2	14,1	8,3	14,3	12,5	60,9	72,0
	53- 87	8,1	13,9	28,5	15,2	16,3	42,1	47,1	28,8
	87-120	15,1	11,9	7,0	8,1	11,2	21,5	66,5	58,5
5,0	0- 48	10,4	10,5	10,9	9,6	17,1	32,4	61,6	47,5
	48- 84	22,6	14,9	8,8	9,6	34,6	42,6	34,0	32,9
	84-120	1,3	4,7	22,6	6,3	12,3	18,8	63,8	70,2
7,5	0- 66	17,5	4,4	10,8	10,1	15,0	33,5	56,7	52,0
	66-102	0,6	16,2	24,5	11,4	29,8	37,1	45,1	35,0
	102-120	11,3	1,6	10,3	2,2	25,0	27,4	53,4	68,8
10,0	0- 49	5,3	12,3	12,1	11,4	32,7	41,3	49,9	35,0
	49- 80	0,5	13,4	21,3	15,5	32,9	46,0	45,3	25,1
	80-120	0,2	13,5	2,7	2,7	41,1	16,1	56,0	67,7
2,5	0- 46	5,8	5,0	8,3	5,4	15,3	37,6	70,6	52,0
	46- 83	23,4	15,6	20,9	9,7	10,2	48,9	45,5	25,9
	83-120	6,3	12,0	12,3	5,0	17,5	17,9	63,9	65,1
5,0	0- 54	12,2	6,9	5,4	10,9	15,3	28,9	67,1	53,3
	54- 93	13,8	16,2	19,3	16,1	25,5	29,1	41,4	38,6
	93-120	10,5	13,2	2,4	5,7	12,2	27,0	74,9	38,9
7,5	0- 55	11,7	20,1	9,5	11,0	9,1	30,0	69,7	38,9
	55- 86	19,5	11,0	19,7	14,8	19,4	25,6	41,4	48,6
	86-120	2,6	7,5	6,1	4,3	20,8	58,3	63,5	29,9
10,0	0- 49	7,9	7,0	17,5	7,6	3,1	28,1	71,5	57,3
	49- 90	24,1	12,4	15,7	12,4	12,5	33,9	47,7	41,3
	90-120	7,9	15,8	7,1	3,8	4,8	4,8	80,2	75,6

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Weilpunkt in der Parzelle D

Anhang: 14

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NwK	PwK	FK	NwK	PwK
2,5	0- 50	39,8	24,0	15,8	43,5	25,5	18,0
	50- 90	37,5	27,2	10,3	44,1	32,7	11,4
	90-120	37,3	19,3	18,0	47,7	20,6	27,1
5	0- 56	41,5	16,4	25,1	44,7	26,4	18,3
	56- 88	38,4	17,8	19,6	48,8	32,2	16,6
	88-120	39,3	20,8	18,5	50,6	25,7	24,9
7,5	0- 45	40,9	16,3	24,6	45,0	23,7	21,3
	45- 87	36,5	18,3	18,2	47,3	27,5	19,8
	87-120	37,8	12,9	24,9	56,4	34,6	21,3
10	0- 62	40,4	16,8	23,6	46,6	25,4	21,2
	62- 95	38,9	20,2	18,7	42,2	26,2	16,0
	95-120	37,0	11,4	25,6	55,5	26,9	28,6

Permeabilität in der Parzelle D

Anhang: 15

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 26	-	0,0531	-	-
	26- 56	0,4070	0,0740	0,1320	0,0528
	56- 87	0,2960	0,0740	-	-
	87-100	-	0,0332	-	-
	100-120	0,3320	0,1328	0,2520	0,2380
6	0- 26	-	-	-	-
	26- 56	0,0648	0,0486	0,0408	0,0272
	56- 87	-	-	-	-
	87-100	1,2648	0,2790	-	-
	100-120	-	-	0,0290	0,0217
9	0- 26	-	-	0,1572	0,0395
	26- 56	-	-	0,0490	0,0280
	56- 87	-	-	-	0,0296
	87-100	-	0,0362	-	-
	100-120	-	-	-	-
12	0- 26	-	-	-	-
	26- 56	-	-	-	-
	56- 87	-	-	-	-
	87-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	-	-

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle E

Anhang: 16

Entfernung vom Drain- rohr in m	Tiefe in cm	Raumgewicht	Substanz Vol. %	Luft Vol. %	Wasser Vol. %	G.P.V.	Porengrößenverteilung				Korngrößenverteilung				Bodenart		
							grob		mittel		fein		Ton	Schluff		Sand grob	Sand fein
							50 µm	75 µm	50-100 µm	100-250 µm	250-500 µm	500-1000 µm					
2,5	0-53	1,46	60,5	24,2	15,3	39,5	5,3	7,0	7,1	30,1	14,3	66,3	0,9	18,5	LU		
	53-87	1,21	56,6	37,2	16,2	53,4	4,3	15,2	8,7	25,2	19,1	59,5	1,0	20,4	uL		
	87-120	1,41	65,7	40,2	14,1	54,3	8,3	3,8	6,1	36,1	23,1	60,6	2,0	14,3	uL		
5,0	0-48	1,43	46,1	19,3	34,6	53,9	5,6	5,9	9,2	33,2							
	48-84	1,27	42,9	20,2	36,9	57,1	12,9	5,0	19,8	19,4							
	84-120	1,39	40,6	20,5	38,9	59,4	0,8	13,4	7,3	37,9							
7,5	0-66	1,41	62,8	30,7	26,5	57,2	10,0	6,2	8,6	32,4							
	66-102	1,27	59,3	32,5	18,2	50,7	0,3	12,4	15,1	22,9							
	102-120	1,48	68,5	35,2	16,3	51,5	5,8	5,3	12,9	27,5							
10,0	0-49	1,43	47,1	34,2	18,7	52,9	2,8	6,4	17,3	26,4							
	49-80	1,20	44,6	28,2	27,2	55,4	0,3	11,8	18,2	25,1							
	80-120	1,46	48,9	15,7	35,4	51,1	0,1	1,4	21,0	28,6							
2,5	0-53	1,37	44,8	23,7	31,5	55,2	4,0	4,6	6,9	39,7	16,8	62,8	1,2	19,2	sLU		
	53-87	1,23	39,4	20,2	40,4	60,6	8,4	9,2	25,5	17,5	15,3	66,2	0,6	17,9	LU		
	87-120	1,41	46,0	16,3	37,7	54,0	6,4	4,4	11,6	31,6	20,4	66,4	1,6	11,6	uL		
5,0	0-48	1,30	43,6	24,3	32,1	56,4	5,9	5,4	18,3	26,8	16,3	68,5	1,2	14,0	LU		
	48-84	1,19	38,8	20,5	40,7	61,2	9,1	5,9	26,1	20,1	20,0	61,6	0,7	17,7	uL		
	84-120	1,44	46,4	20,3	33,3	53,6	2,5	3,4	10,1	37,6	22,1	61,2	5,0	11,7	uL		
7,5	0-66	1,40	49,6	20,0	30,4	50,4	2,2	5,1	16,9	26,2	20,9	62,0	1,3	15,8	uL		
	66-102	1,31	42,0	21,5	43,3	64,8	9,4	6,6	21,7	27,1	24,6	57,3	0,8	17,1	uL		
	102-120	1,42	47,5	25,7	36,8	62,5	1,0	1,4	17,1	43,0	23,9	61,5	1,6	13,0	uL		
10,0	0-49	1,35	44,6	20,5	34,9	55,4	6,8	6,3	22,9	19,4	19,4	61,9	1,3	17,4	uL		
	49-80	1,23	38,7	14,8	46,5	61,3	8,2	9,5	28,2	15,4	19,5	59,7	0,9	19,9	uL		
	80-120	1,51	50,6	21,3	38,1	59,4	8,0	1,6	9,5	40,3	14,3	70,9	1,5	13,5	LU		

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkepunkt in der Parzelle E

Anhang: 17

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NwK	PwK	FK	NwK	PwK
2,5	0- 53	37,2	16,6	20,6	46,6	17,6	29,0
	53- 87	33,9	13,1	20,8	43,0	28,8	14,2
	87-120	42,2	16,6	25,6	43,2	20,8	22,4
5	0- 48	42,4	19,2	23,2	45,1	24,5	20,6
	48- 84	39,2	23,9	15,3	46,2	29,3	16,9
	84-120	45,2	17,9	27,3	47,7	21,6	26,1
7,5	0- 56	41,0	18,0	23,0	43,1	24,4	18,7
	66-102	38,0	20,0	18,0	42,0	21,3	20,7
	102-120	40,4	21,8	18,6	60,1	29,8	30,3
10	0- 49	43,7	25,2	18,5	42,3	27,9	14,4
	49- 80	43,3	22,4	20,9	43,6	31,1	12,5
	80-120	49,6	30,0	19,6	49,8	23,1	26,7

Permeabilität in der Parzelle E

Anhang: 18

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 20	-	-	-	-
	20- 48	-	0,0404	-	-
	48- 68	-	-	-	-
	68- 84	-	-	-	-
	84-120	-	-	0,0402	0,0268
6	0- 20	-	-	-	-
	20- 48	-	-	0,0214	0,0214
	48- 68	-	0,0531	-	-
	68- 84	-	-	-	-
	84-120	-	-	-	0,0300
9	0- 20	-	-	-	-
	20- 48	-	-	-	0,0225
	48- 68	-	-	-	-
	68- 84	-	-	-	-
	84-120	-	-	-	-
12	0- 20	0,1408	0,7040	-	0,0150
	20- 48	-	-	-	-
	48- 68	-	-	-	-
	68- 84	-	-	-	-
	84-120	-	-	-	0,0290

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle F

Laubhang: 19

Entfernung von Drain- rohr in m	Tiefe in cm	Raumgewicht	Substanz Vol. %	Luft Vol. %	Wasser Vol. %	G.P.V	Porengrößenverteilung					Korngrößenverteilung				
							grob		mittel			Ton	Schluff	Sand grob	Sand fein	Bodenart
							50- 0-1,8 µ pf	10- 1,8-2,5 µ pf	10- 2,5-5,0 µ pf	5- 5,0-12,5 µ pf	0,2- 4,2 µ pf					
2,5	0- 46	1,44	51,7	13,5	34,8	48,3	2,8	4,0	7,4	34,1	17,8	57,3	1,2	23,7	uL	
	46- 83	1,26	36,4	22,5	39,1	61,6	14,4	12,9	6,3	28,0	15,2	58,7	0,8	25,3	sLU	
	83-120	1,52	50,4	13,7	35,9	49,6	3,1	6,1	8,7	31,7	19,3	64,6	1,4	14,7	uL	
5,0	0- 54	1,47	45,9	17,7	36,4	54,1	6,6	2,9	8,3	36,3						
	54- 93	1,25	41,5	19,2	39,3	58,5	8,1	11,3	14,9	24,2						
	93-120	1,48	46,8	14,0	39,2	53,2	5,6	1,3	6,5	39,8						
7,5	0- 55	1,41	45,2	27,0	27,8	54,8	6,4	5,2	5,0	30,2						
	55- 86	1,26	33,0	26,7	35,3	62,0	12,1	12,2	12,0	25,7						
	86-120	1,40	42,9	19,0	38,1	57,1	5,5	3,5	11,9	36,2						
10,0	0- 49	1,51	47,9	16,7	35,4	52,1	4,1	9,1	1,6	37,3						
	49- 90	1,28	40,2	21,0	38,8	59,8	14,4	9,4	7,5	28,5						
	90-120	1,50	49,5	14,5	36,0	50,5	4,0	3,6	2,4	40,5						
2,5	0- 46	1,38	45,8	16,5	37,7	54,2	2,7	2,9	20,4	28,2	12,1	60,1	1,7	26,1	sLU	
	46- 83	1,25	40,5	17,0	42,5	59,5	9,3	5,8	29,1	15,3	16,9	50,3	2,2	30,6	sLU	
	83-120	1,44	46,5	26,7	26,8	53,5	6,4	2,7	9,6	34,8	14,4	67,1	1,1	17,4	LU	
5,0	0- 54	1,39	47,7	20,0	32,3	52,3	3,6	5,7	15,1	27,9	13,4	70,9	1,6	14,1	LU	
	54- 93	1,27	40,3	20,7	39,0	59,7	9,7	9,6	17,2	23,2	13,0	59,0	0,8	27,2	sLU	
	93-120	1,38	45,5	14,3	40,2	54,5	7,2	3,1	14,7	29,5	17,0	65,8	1,8	15,4	LU	
7,5	0- 55	1,32	42,7	24,0	33,3	57,3	11,5	6,3	17,2	22,3	13,9	57,3	1,9	26,9	sLU	
	55- 86	1,29	41,7	17,8	40,5	58,3	6,4	8,6	14,9	28,4	12,1	62,3	0,7	24,9	sLU	
	86-120	1,49	50,8	10,0	39,2	49,2	3,7	2,1	28,8	14,6	15,6	66,8	1,2	16,4	LU	
10,0	0- 49	1,44	48,9	16,0	35,1	51,1	3,6	3,9	14,4	29,2	14,1	62,7	1,4	21,8	sLU	
	49- 90	1,24	41,0	17,0	42,0	59,0	7,3	7,3	20,0	24,4	22,7	55,2	0,8	21,3	UL	
	90-120	1,45	47,4	13,3	39,3	52,6	8,3	2,0	2,5	39,8	21,0	62,9	1,7	14,4	UL	

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkepunkt in der Parzelle F

Anhang: 20

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NAK	PAK	FK	NAK	PAK
2,5	0- 46	41,5	17,8	23,7	48,6	26,6	22,0
	46- 83	34,3	12,1	22,2	44,4	32,2	12,2
	83- 120	50,4	29,5	20,9	44,4	20,2	24,2
5	0- 54	44,6	19,9	24,7	43,0	22,9	20,1
	54- 93	39,1	19,7	19,4	40,4	22,1	18,3
	93- 120	46,3	19,4	26,9	54,2	32,8	21,4
7,5	0- 55	43,2	16,1	27,1	39,5	22,6	16,9
	55- 86	37,7	17,3	20,4	43,3	23,5	19,8
	86-120	48,1	25,1	23,0	53,4	43,6	9,8
10	0- 49	38,9	14,2	24,7	43,6	23,3	20,3
	49- 90	36,0	13,7	22,3	44,4	24,7	19,7
	90-120	42,9	19,2	23,7	52,4	24,9	27,5

Permeabilität in der Parzelle F

Anhang:21

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 25	-	-	-	-
	25- 55	-	-	-	-
	55- 86	-	-	0,0186	0,0272
	86-100	-	-	-	-
	100-120	0,3040	0,1520	-	-
6	0- 25	-	-	-	-
	25- 55	-	-	-	-
	55- 86	-	-	-	-
	86-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	0,0630	0,0280
9	0- 25	0,0386	0,0386	-	-
	25- 55	-	-	-	-
	55- 86	-	-	-	-
	86-100	-	0,0505	-	-
	100-120	-	-	-	-
12	0- 25	-	-	0,0350	0,0280
	25- 55	0,0955	0,1146	-	-
	55- 86	1,0709	0,1239	-	0,0357
	86-100	-	0,0598	0,0544	0,0340
	100-120	-	0,0651	0,0435	0,0290

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle G

Anhang: 22

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in m	Raumgewicht	Substanz Vol. %	Loft Vol.	Wasser Vol. %	G.P.V	Porengrößenverteilung				Korngrößenverteilung				Bodenart		
							grob		mittel		fein		Ton	Schluff		Sand grob	Sand fein
							$>50 \mu$ p_1	$50-10 \mu$ p_2	$10-0,2 \mu$ p_3	$0,2-0,075 \mu$ p_4	$<0,075 \mu$ p_5						
2,5	0- 47	1,61	60,4	23,9	35,7	59,6	14,4	7,0	12,1	26,1	16,5	47,6	1,7	34,2	sLU		
	47- 84	1,33	41,0	29,5	29,5	59,0	14,1	20,9	12,3	11,7	12,8	42,2	4,2	40,8	uLS		
	84-120	1,46	47,8	12,2	40,0	52,2	2,4	3,9	7,1	38,8	15,8	46,1	8,8	29,3	sLU		
5,0	0- 55	1,57	49,3	11,3	39,4	50,7	5,8	4,2	15,4	25,3							
	55- 90	1,36	42,6	20,7	36,7	57,4	13,4	22,0	14,5	7,5							
	90-120	1,41	40,2	17,2	42,6	59,8	11,3	5,5	3,1	39,9							
7,5	0- 70	1,46	44,2	18,7	37,1	55,8	11,4	8,4	15,4	20,6							
	70- 92	1,35	42,5	21,8	35,7	57,5	10,8	18,5	2,8	25,4							
	92-120	1,47	48,6	17,2	38,7	55,9	5,0	3,9	4,4	42,6							
10,0	0- 70	1,49	47,6	17,5	34,9	52,4	7,1	12,2	23,4	9,7							
	70- 92	1,41	44,6	18,7	36,7	55,4	14,9	23,8	9,1	7,6							
	92-120	1,46	45,0	13,7	41,3	55,0	7,3	3,8	2,7	41,2							
22,5	0- 47	1,50	50,6	9,8	39,6	49,4	4,6	3,9	8,8	32,1	13,5	54,4	1,9	30,2	sLU		
	47- 84	1,37	44,8	14,3	40,9	55,2	7,6	13,6	20,2	13,8	12,9	48,4	2,0	36,7	uLS		
	84-120	1,45	50,6	9,7	39,7	49,4	1,7	1,4	7,2	39,1	13,1	41,5	5,2	40,2	uLS		
5,0	0- 55	1,35	44,4	17,7	37,9	55,6	7,9	4,2	18,9	24,6	13,2	51,6	1,9	33,3	sLU		
	55- 90	1,36	42,5	19,7	37,8	57,5	10,6	19,2	17,0	10,7	15,1	46,8	1,7	36,4	sLU		
	90-120	1,41	44,4	17,5	38,1	55,6	7,1	2,5	10,9	35,1	17,6	44,8	5,2	32,4	sLU		
7,5	0- 70	1,32	41,5	18,0	40,5	58,5	7,7	3,3	23,2	24,3	13,4	55,2	1,6	29,8	sLU		
	70- 92	1,40	45,1	14,2	40,7	54,9	5,2	16,6	22,5	10,6	22,5	50,2	1,3	26,0	uL		
	92-120	1,48	48,4	15,7	35,9	51,6	3,8	1,8	9,5	36,5	19,1	45,7	7,5	27,7	sUL		
10,0	0- 70	1,45	49,0	17,0	34,0	51,0	3,7	4,8	28,9	13,6	11,7	44,6	2,2	41,5	uLS		
	70- 92	1,40	45,1	14,2	40,7	54,9	5,2	16,6	22,5	10,6	22,5	50,2	1,3	26,0	uL		
	92-120	1,48	48,4	15,7	35,9	51,6	3,8	1,8	9,5	36,5	19,1	45,7	7,5	27,7	suL		

Prozentuale Verteilung der einzelnen Porenbereiche
an G P V bei der offenen Graben-Drainung

Parzelle	Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Grobporen >50 µ 0-1,8 Pf		Grobporen 50-10 µ 1,0-2,5 Pf		Mittelporen 10-0,2 µ 2,5-4,2 Pf		Feinporen <0,2 µ 4,2 Pf und t	
			Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung	Vor der Auswa- schung	Nach der Auswa- schung
- G -	2,5	0- 47	24,2	9,3	11,7	7,9	20,3	17,8	43,8	65,0
		47- 84	23,9	13,8	35,4	24,6	20,8	36,6	19,9	25,0
		84-120	4,6	3,4	7,5	2,8	13,6	14,6	74,3	79,2
- G -	5,0	0- 55	11,4	14,2	8,3	7,6	30,4	34,0	49,9	44,2
		55- 90	23,3	18,4	38,3	33,4	25,3	29,6	14,1	18,6
		90-120	18,9	12,8	9,2	4,5	5,2	12,6	66,7	63,1
- G -	7,5	0- 70	20,4	13,2	15,1	5,6	27,6	39,7	36,9	41,5
		70- 92	18,8	7,8	32,2	4,2	4,9	17,6	44,1	70,4
		92-120	9,7	8,4	7,6	3,8	8,6	25,5	74,1	62,3
- G -	10,0	0- 70	13,5	7,2	23,3	9,4	44,7	56,7	18,5	26,7
		70- 92	26,9	9,5	42,9	30,2	16,4	41,0	13,8	19,3
		92-120	13,3	7,4	6,9	3,5	4,9	18,4	74,9	70,7
- E -	2,5	0- 45	16,7	10,8	15,3	9,1	12,1	39,4	55,9	40,7
		45- 70	29,9	20,6	28,1	32,2	3,5	29,7	38,5	17,5
		70-120	11,2	2,0	7,9	4,3	8,3	27,5	72,6	66,2
- E -	5,0	0- 45	23,3	11,1	10,4	10,4	17,3	36,9	49,0	41,6
		45- 82	31,6	19,3	29,3	21,6	25,1	40,8	14,0	18,3
		82-120	14,7	2,1	4,6	6,1	8,3	20,2	72,4	71,6
- E -	7,5	0- 59	23,0	26,4	7,7	14,1	30,9	36,6	38,4	22,5
		59- 88	19,4	13,4	26,5	16,5	37,6	18,3	16,5	51,8
		88-120	15,6	10,8	3,1	9,6	9,6	12,1	71,7	67,5
- E -	10,0	0- 65	15,0	18,9	9,2	13,7	8,6	35,9	67,2	31,5
		65- 85	26,0	19,5	10,1	26,6	33,6	37,2	30,3	16,7
		85-120	18,5	5,4	9,9	3,5	17,9	20,3	53,7	70,8
- J -	2,5	0- 70	5,6	12,5	3,9	5,8	3,7	43,0	86,8	38,7
		70-100	17,4	17,6	13,8	8,9	55,3	37,7	13,5	35,8
		100-120	10,9	17,7	4,1	8,1	4,1	37,7	81,9	36,5
- J -	5,0	0- 58	16,5	20,6	6,6	12,0	25,3	34,0	51,6	33,4
		58- 73	25,4	22,7	13,1	11,1	37,1	36,8	24,4	29,4
		73-120	13,0	9,1	7,3	4,4	13,4	45,0	66,3	41,5
- J -	7,5	0- 56	22,0	4,3	7,1	7,1	19,8	47,6	51,1	41,0
		56- 87	23,7	18,3	17,2	20,2	40,0	33,7	19,1	27,8
		87-120	25,2	3,8	4,8	5,0	6,7	44,9	63,3	46,3
- J -	10,0	0- 40	21,8	14,9	13,1	7,7	18,3	40,0	46,8	37,4
		40- 78	15,9	18,7	23,1	12,1	36,8	38,6	24,2	30,6
		78-120	13,4	4,0	5,9	2,5	42,9	48,4	37,8	45,1

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkepunkt in der Parzelle G

Anhang: 24

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NWK	FWK	FK	NWK	FWK
2,5	0- 47	38,2	22,0	16,2	40,9	19,5	21,4
	47- 84	24,0	15,2	8,8	34,0	23,9	10,1
	84-120	45,9	22,5	23,4	56,3	29,3	27,0
5	0- 55	40,7	24,6	16,1	43,5	25,3	18,2
	55- 90	22,0	16,5	5,5	27,7	19,8	7,9
	90-120	43,0	14,7	28,3	46,0	21,1	24,9
7,5	0- 70	36,0	21,9	14,1	47,5	29,1	18,4
	70- 92	28,2	9,4	18,8	56,1	30,1	26,0
	92-120	47,8	12,0	35,8	55,8	32,9	22,9
10	0- 70	33,1	26,6	6,5	42,5	33,1	9,4
	70- 92	16,7	11,3	5,4	33,1	25,5	7,6
	92-120	43,9	15,7	28,2	46,0	21,3	24,7

Permeabilität in der Parzelle G

Anhang: 25

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 20	0,068	0,0510	-	-
	20- 45	-	-	-	-
	45- 70	0,2112	0,1056	-	-
	70- 92	0,2142	0,1014	-	-
	92-120	-	-	0,074	0,0444
6	0- 20	-	-	-	-
	20- 45	-	-	-	-
	45- 70	0,1344	0,0480	-	-
	70- 92	0,1253	0,0537	0,0572	0,0286
	92-120	0,2975	0,1312	-	-
9	0- 20	-	-	-	0,0187
	20- 45	-	0,0525	-	-
	45- 70	0,1416	0,0531	-	-
	70- 92	-	0,032	-	0,0201
	92-120	0,1040	0,048	-	-
12	0- 20	-	-	0,2622	0,0828
	20- 45	0,3009	0,0885	-	0,0211
	45- 70	0,1190	0,425	-	0,0156
	70- 92	0,0534	0,0501	-	-
	92-120	0,2952	0,1230	-	-

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle K

Anhang: 26

Vor der Auswaschung

Entfernung vom Gruben in m	Tiefe in cm	Raumgewicht	Substanz Vol. %	Left Vol. %	Wasser Vol. %	G.P.V	Porengrößenverteilung				Korngrößenverteilung				
							grob		mittel		Ton	Sohluff	Sand Grob	Sand fein	Bodenart
							$> 50 \mu$	$0-1,8 \mu$	$50-10 \mu$	$1,8-2,5 \mu$					
							p_2^1	p_2^2	p_2^3	$10-0,2 \mu$					
2,5	0- 45	1,63	57,0	18,0	25,0	43,0	7,2	6,6	5,2	24,0	14,7	53,4	1,5	30,4	sLU
	45- 70	1,37	40,2	31,0	28,8	59,8	17,9	16,8	2,1	23,0	17,1	60,1	0,0	22,0	uL
	70-120	1,53	49,2	17,3	33,5	50,8	5,7	4,0	4,2	36,9	18,9	47,2	3,2	30,7	sLU
5,0	0- 45	1,60	53,7	15,5	30,8	46,3	10,8	4,8	8,0	22,7					
	45- 82	1,37	43,1	23,8	33,1	56,9	18,0	16,7	14,3	7,9					
	82-120	1,51	49,7	14,5	35,8	50,3	7,4	2,3	4,2	30,4					
7,5	0- 59	1,47	44,0	14,3	41,7	56,0	12,9	4,3	17,3	21,5					
	59- 88	1,31	41,2	16,0	42,8	58,8	11,4	15,6	22,1	9,7					
	88-120	1,50	49,2	12,8	38,0	50,8	7,9	1,6	4,9	36,4					
10,0	0- 65	1,47	46,5	18,7	34,8	53,5	8,0	4,9	4,6	36,0					
	65- 85	1,37	43,2	13,8	43,0	56,8	14,7	5,7	19,0	17,4					
	85-120	1,46	45,3	15,5	39,2	54,7	10,1	5,4	9,8	29,4					

Nach der Auswaschung

2,5	0- 45	1,48	50,8	15,3	33,9	49,2	5,3	4,5	19,4	20,0	16,9	68,9	1,0	13,2	LU
	45- 70	1,38	47,2	17,5	35,3	52,8	10,9	17,0	15,7	9,2	24,8	53,4	1,2	20,6	uL
	70-120	1,56	50,9	14,7	34,4	49,1	0,1	2,1	13,5	33,4	19,5	47,7	4,9	27,9	sUL
5,0	0- 45	1,43	45,3	21,2	33,5	54,7	6,1	5,7	20,2	22,7	17,5	57,8	1,3	23,4	uL
	45- 82	1,31	42,1	15,7	42,2	57,9	11,2	12,5	23,6	10,6	17,5	55,2	1,2	26,1	uL
	82-120	1,48	47,9	15,5	36,6	52,1	1,1	3,2	10,5	37,3	19,5	51,8	3,7	25,0	uL
7,5	0- 59	1,32	37,1	26,0	36,9	62,9	16,6	8,9	23,0	14,4	16,9	61,9	1,1	20,1	sLU
	59- 88	1,51	49,2	13,5	37,3	50,8	6,8	8,4	9,3	26,3	20,0	58,3	0,8	20,9	uL
	88-120	1,49	48,1	13,2	38,7	51,9	5,6	5,0	6,3	35,0	18,8	48,7	3,7	28,8	sUL
10,0	0- 65	1,42	46,1	21,2	33,6	54,8	10,4	7,5	19,7	17,2	16,8	61,3	0,9	21,0	sLU
	65- 85	1,41	43,2	13,5	42,9	56,4	11,0	15,0	21,0	9,4	15,7	47,8	2,0	34,5	sLU
	85-120	1,42	48,9	14,0	40,1	54,1	2,9	1,9	11,0	38,3	19,3	47,1	3,7	29,9	sLU

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkerpunkt in der Parzelle H

Anhang: 27

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NWK	FWK	FK	NWK	FWK
2,5	0- 45	29,2	14,5	14,7	39,4	25,9	13,5
	45- 70	25,1	8,3	16,8	24,9	18,2	6,7
	70-120	41,1	17,0	24,1	46,9	25,5	21,4
5	0- 45	30,7	16,5	14,2	42,9	27,0	15,9
	45- 82	22,2	16,4	5,8	34,2	26,1	8,1
	82-120	40,6	16,5	24,1	47,8	22,6	25,2
7,5	0- 59	38,8	24,2	14,6	37,4	26,5	10,9
	59- 88	31,8	24,4	7,4	35,6	18,2	17,4
	88-120	41,3	20,4	20,9	41,3	17,8	23,5
10	0- 65	40,6	16,1	24,5	36,5	24,8	12,1
	65- 85	36,4	23,7	12,7	30,4	23,7	6,7
	85-120	39,2	22,2	11,0	49,3	22,3	27,0

Permeabilität in der Parzelle H

Anhang: 28

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 20	0,1085	0,031	-	-
	20- 40	-	-	0,1148	0,0492
	40- 65	0,3634	0,1580	0,0486	0,0486
	65- 85	0,2560	0,0960	-	0,0504
	85-120	-	-	0,6435	-
6	0- 20	0,2004	0,0668	-	0,3530
	20- 40	-	-	0,1720	-
	40- 65	-	-	-	0,0516
	65- 85	0,3287	0,1038	0,070	-
	85-120	0,1602	0,0334	-	0,035
9	0- 20	-	-	0,0495	-
	20- 40	0,2862	0,0647	0,1085	0,033
	40- 65	-	-	-	0,031
	65- 85	0,4394	0,3887	0,3634	-
	85-120	-	-	0,256	0,558
12	0- 20	0,2125	0,0680	-	0,096
	20- 40	0,1190	0,0510	0,2004	-
	40- 65	-	-	-	0,0668
	65- 85	0,0522	0,0522	-	-
	85-120	-	-	0,3287	0,1038

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen
Auswaschung in der Parzelle J

Anhang: 29

	Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Raumgewicht	Substanz Vol. %	Luft Vol. %	Wasser Vol. %	G.P.V	Porengrößenverteilung				Korngrößenverteilung				
								grob		mittel		fein				
								> 50 μ 0,18 pf	50-10 μ 1,8-2,5 pf	10-0,2 μ 2,5-15 pf	< 0,2 μ 4,2 pf	Ton	Schluff	Sand grob	Sand fein	Bodenart
Vor der Auswaschung	2,5	0- 70	1,33	41,3	25,2	33,5	58,7	3,3	2,3	2,2	50,9	19,5	57,4	1,1	22,0	uL
		70-100	1,38	43,6	20,9	38,4	59,3	9,8	7,8	31,2	10,5	23,4	58,3	2,6	15,7	uL
		100-120	1,34	41,5	12,5	46,0	58,5	6,4	2,4	2,4	47,3	23,4	58,1	2,6	15,9	uL
	5,0	0- 58	1,41	44,3	16,8	38,9	55,7	9,2	3,7	14,1	28,7					
		58- 73	1,30	39,7	24,7	35,6	60,3	15,3	7,9	22,4	14,7					
		73-120	1,43	47,7	15,2	37,1	52,3	6,8	3,8	7,0	34,7					
	7,5	0- 56	1,38	44,0	21,3	34,7	56,0	12,3	4,0	11,1	28,6					
		56- 87	1,13	24,3	23,2	42,5	65,7	15,6	11,3	26,3	12,5					
		87-120	1,46	43,7	13,5	42,8	56,3	14,2	2,7	3,8	35,6					
	10,0	0- 40	1,34	40,4	19,7	39,9	59,6	13,0	7,8	10,9	27,9					
		40- 78	1,32	44,5	20,8	34,7	55,5	8,8	12,8	20,4	13,5					
		78-120	1,44	42,7	17,0	40,3	57,3	7,7	3,4	24,6	21,6					
Nach der Auswaschung	2,5	0- 70	1,35	41,0	17,6	39,1	56,7	7,1	3,3	24,4	21,9	21,1	59,8	0,8	18,3	uL
		70-100	1,39	39,6	20,4	38,2	58,6	10,3	5,2	22,1	21,0	15,6	55,7	1,5	27,2	sLU
		100-120	1,40	42,6	20,7	39,7	60,4	10,7	4,9	22,8	22,0	28,2	55,0	3,6	13,2	uL
	5,0	0- 58	1,35	44,1	26,2	29,7	55,9	11,5	6,7	19,9	17,8	21,0	59,9	1,0	18,1	uL
		58- 73	1,27	38,2	18,4	43,2	61,2	13,9	6,8	22,5	18,0	15,7	52,9	1,4	30,0	sLU
		73-120	1,37	42,9	18,0	39,1	57,1	5,2	2,5	25,7	23,7	23,5	56,7	1,8	18,0	uL
	7,5	0- 56	1,32	43,9	17,5	38,6	56,1	2,4	4,0	26,7	23,0	17,2	62,8	1,0	19,0	uL
		56- 87	1,29	41,5	19,2	39,3	58,5	10,7	11,8	19,7	16,3	15,3	52,9	0,9	30,9	sLU
		87-120	1,45	47,7	18,3	34,0	52,3	2,0	2,6	23,5	24,2	24,9	56,7	2,4	16,0	uL
	10,0	0- 40	1,38	45,5	17,5	37,0	54,5	8,1	4,2	21,8	20,4	19,0	59,5	0,9	20,6	uL
		40- 78	1,26	41,2	14,0	44,8	58,8	11,0	7,1	22,7	18,0	15,4	52,9	0,8	30,9	sLU
		78-120	1,38	45,0	12,8	42,2	55,0	2,2	1,4	26,6	24,8	26,6	56,1	3,0	14,3	uL

Feldkapazität, nutzbare Wasserkapazität, permanenter
Welkepunkt in der Parzelle J

Anhang: 30

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung			Nach der Auswaschung		
		FK	NwK	PwK	FK	NwK	PwK
2,5	0- 70	53,1	14,8	38,3	40,6	24,4	16,2
	70-100	38,8	31,2	7,6	33,6	18,5	15,1
	100-120	49,7	14,4	35,3	43,8	28,1	15,7
5	0- 58	42,8	22,4	20,4	37,7	24,5	13,2
	58- 73	37,1	25,8	11,3	40,5	26,3	14,2
	73-120	41,7	17,4	24,3	49,4	32,1	17,3
7,5	0- 56	39,7	19,0	20,7	49,7	32,3	17,4
	56- 87	38,8	27,7	11,1	36,0	23,4	12,6
	97-120	39,4	15,0	24,4	47,7	21,0	16,7
10	0- 40	38,8	18,0	20,8	42,2	27,4	14,8
	40- 78	33,9	23,7	10,2	40,7	26,4	14,3
	78-120	46,2	29,2	15,0	51,4	33,4	18,0

Permeabilität in der Parzelle J

Anhang: 31

Entfernung vom Graben in m	Tiefe in cm	Vor der Auswaschung		Nach der Auswaschung	
		in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st	in den ersten zwei Stunden cm/st	in den letzten zwei Stunden cm/st
3	0- 26	0,1104	0,0368	0,0550	0,0366
	26- 56	-	-	-	0,0302
	56- 87	-	0,0435	-	-
	87-100	-	-	0,0840	0,0420
	100-120	-	-	0,0504	0,0432
6	0- 26	-	-	-	-
	26- 56	-	0,0404	-	-
	56- 87	-	-	-	0,0256
	87-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	0,0621	0,0552
9	0- 26	-	-	0,2625	0,0393
	26- 57	0,4120	0,4470	0,0284	0,0284
	57- 87	-	0,0341	-	0,0350
	87-100	-	-	-	-
	100-120	-	-	-	-
12	0- 26	-	-	-	-
	26- 57	-	0,0345	-	0,0196
	57- 87	-	-	0,1470	0,0294
	87-100	-	-	0,2070	0,0345
	100-120	-	0,0341	0,0532	0,0385

Tonrohr - Dränung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen vor der
Auswaschung in den Parzellen A.B.C.

Anhang: 32

Parzelle	Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH im Sätti- gungsextrakt	Leitfähigkeit cm bei 25°C Zeit 1 cmhos/	Kationen mval/l				Anionen mval/l				Summe	
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼⁼		
A	0-20	78,2	8,00	7,25	75,82	32,85	131,47	746,48	5,28	916,08	--	2,82	623,50	290,83	917,15
	20-50	72,1	8,20	7,05	34,80	20,01	74,22	437,90	2,84	534,97	--	3,95	514,50	31,61	550,07
	50-80	61,0	8,25	7,05	40,60	17,44	82,65	410,72	2,50	513,31	--	2,02	470,50	41,46	513,53
	80-100	68,0	8,25	7,10	30,45	15,30	63,73	320,12	2,16	401,36	--	2,11	399,50	1,46	403,07
	100-120	90,3	8,05	7,40	18,74	7,60	42,12	214,12	1,72	265,63	--	2,20	222,50	31,02	266,75
B	0-23	77,1	8,05	7,00	67,67	30,92	154,62	638,12	3,56	827,22	--	2,11	774,50	52,51	829,12
	23-43	58,9	8,25	7,00	40,60	21,51	77,37	425,82	2,70	527,40	--	2,38	513,50	14,22	530,10
	43-73	53,4	8,20	6,90	48,72	18,72	79,35	451,84	2,00	561,91	--	1,94	259,50	301,34	562,78
	73-100	60,7	8,35	7,00	30,45	15,73	54,67	332,20	2,44	405,04	--	1,67	306,50	17,60	405,97
	100-120	97,6	8,35	7,15	24,36	20,22	25,91	214,12	1,74	262,02	--	1,67	238,88	23,16	262,71
C	0-20	60,2	8,25	7,10	64,10	26,64	124,56	582,90	4,44	736,54	--	2,38	701,69	35,40	739,47
	20-50	55,2	8,20	7,25	34,80	16,80	64,30	385,05	1,60	467,75	--	2,55	440,50	25,87	468,92
	50-80	55,9	8,15	7,15	27,07	15,51	41,75	302,00	1,52	361,19	--	1,76	315,50	44,89	362,15
	80-100	45,1	8,15	7,30	22,14	9,09	28,93	213,11	1,84	255,03	--	2,29	239,50	13,13	254,92
	100-120	86,0	8,30	7,30	17,40	11,56	21,77	151,60	1,42	196,45	--	2,64	184,50	9,84	195,93

Tonrohr - Drängung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach der
Auswaschung in der Partelle A

Anhang: 33

Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH im Sätti- gungsextrakt	Leitfähig- keit in mhos/ cm bei 25°C	Kationen mval/l				Anionen mval/l				Summe	
					Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻		
3	0-20	66,6	8,55	7,85	2,46	2,57	1,98	21,12	0,29	--	2,99	4,30	19,01	26,30
	20-50	76,9	8,75	8,00	2,11	1,82	1,32	19,75	0,29	--	3,12	5,50	14,24	23,46
	50-80	58,1	8,75	7,80	4,54	2,19	2,10	50,46	0,78	--	3,65	7,45	44,89	55,59
	80-100	65,5	8,45	7,70	9,35	2,30	2,65	105,75	0,72	--	3,08	9,40	100,13	112,61
	100-120	94,2	8,40	7,65	7,92	3,64	5,86	63,28	0,47	--	2,60	18,80	53,06	74,41
6	0-20	64,9	8,75	7,95	2,59	3,21	3,56	20,90	0,30	--	2,90	12,15	13,45	28,50
	20-50	74,0	9,00	8,05	2,17	2,89	1,56	19,47	0,28	--	3,57	3,95	16,98	24,50
	50-80	64,0	9,10	8,00	2,14	2,04	0,90	18,48	0,23	--	4,09	3,60	14,07	21,76
	80-100	82,2	9,00	8,15	2,20	2,46	0,92	19,58	0,26	--	4,00	3,40	16,06	23,46
	100-120	121,2	8,80	8,10	5,12	2,35	0,88	44,87	0,44	--	3,52	4,35	40,89	48,76
9	0-20	68,6	8,65	7,95	2,51	2,46	1,73	21,12	0,31	--	3,92	3,70	18,24	25,85
	20-50	76,4	8,95	8,20	1,99	2,51	1,53	18,92	0,23	--	3,48	5,45	14,75	23,68
	50-80	60,1	8,85	7,85	3,32	3,37	2,34	30,14	0,33	--	3,27	8,30	24,70	36,27
	80-100	61,1	8,95	7,95	4,05	4,34	15,35	32,39	0,44	--	3,48	12,40	36,72	52,63
	100-120	71,5	8,80	7,80	7,34	2,24	2,36	62,88	0,82	--	2,29	13,35	53,52	69,85
12	0-20	68,2	8,65	7,90	2,46	2,99	1,39	19,14	0,33	--	3,35	4,25	16,36	23,95
	20-50	77,7	8,85	8,10	2,36	2,89	1,15	20,35	0,28	--	3,57	4,50	16,99	25,06
	50-80	54,0	8,85	7,95	2,74	2,73	0,30	26,65	0,22	--	3,52	5,05	22,06	30,63
	80-100	94,1	8,85	8,10	3,35	2,78	0,91	29,80	0,28	--	3,69	5,70	24,62	34,01
	100-120	133,6	8,70	7,60	7,60	2,78	2,52	63,30	0,44	--	2,86	12,70	54,53	70,63

Tonrohr - Dränung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach der
Auswaschung in der Parzelle B

Anhang: 34

Informing vom Bohrloch in m	Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH im Sätti- gungsextrakt	Leitfähigkeit cm bei 25°C keil method	Kationen mval/l				Anionen mval/l				Summe	
						Ca++	Mg++	Na+	K+	CO ₃	HCO ₃	Cl-	SO ₄		
3	0-23	88,1	8,50	7,90	4,52	3,99	4,47	36,54	0,43	45,43	--	5,15	8,35	32,18	45,58
	23-43	70,2	7,90	7,75	4,55	4,67	1,99	40,24	0,64	47,54	--	3,60	20,24	24,12	47,95
	43-73	65,2	7,80	7,35	12,26	6,78	14,65	124,70	0,84	146,97	--	3,80	29,70	114,36	147,85
	73-100	71,6	7,90	7,45	11,97	6,88	13,11	104,25	0,65	124,89	--	3,35	26,05	96,26	125,66
6	100-120	105,8	8,20	7,85	12,74	7,88	14,76	145,72	0,94	159,37	--	3,35	28,05	140,40	171,80
	0-23	87,0	8,60	7,85	6,30	4,00	4,98	74,49	0,58	84,05	--	4,25	13,40	66,78	84,43
	23-43	69,5	8,50	7,90	6,43	4,11	4,46	88,47	0,59	97,63	--	3,55	13,95	80,59	98,09
	43-73	58,8	8,50	7,85	11,22	4,78	11,34	110,10	0,74	126,96	--	3,60	27,00	96,53	127,13
9	73-100	83,7	8,70	7,95	9,79	5,44	15,47	89,08	0,94	80,95	--	3,95	23,75	53,76	81,46
	100-120	84,8	8,55	7,95	24,77	12,32	74,69	63,05	1,99	152,05	--	4,10	67,35	81,25	153,60
	0-23	76,2	8,15	7,75	5,26	2,67	5,60	48,82	0,66	57,75	--	3,70	10,75	43,71	58,16
	23-43	66,5	8,00	7,70	15,43	7,33	21,13	145,68	1,25	175,39	--	4,80	36,65	135,36	176,81
12	43-73	87,9	7,75	7,70	31,25	12,62	45,04	327,12	2,00	386,78	--	3,65	77,35	307,93	388,93
	73-100	87,8	8,50	7,95	21,07	7,99	28,52	219,69	1,34	257,94	--	3,05	50,30	206,32	259,67
	100-120	140,3	8,60	7,95	11,76	5,29	23,08	110,68	1,13	140,88	--	3,70	32,25	92,01	141,85
	0-23	83,8	8,70	8,00	4,73	3,87	4,29	42,26	0,49	50,91	--	4,20	9,50	37,90	51,65
12	23-43	80,0	8,70	7,80	4,71	2,34	3,17	41,76	0,46	47,73	--	3,45	8,05	36,36	47,85
	43-73	101,8	8,55	7,85	3,83	2,89	2,32	35,72	0,38	41,31	--	3,95	7,60	30,05	41,60
	73-100	81,6	8,50	7,75	4,75	3,22	3,10	42,64	0,48	50,44	--	3,85	8,05	33,53	51,05
	100-120	129,4	8,40	4,43	11,59	4,55	19,94	108,34	0,95	129,23	--	3,55	26,25	100,45	130,23

Tonrohr - Drängung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach der
Auswaschung in der Parzelle C

Anhang: 35

Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH im Sätti- gungsextrakt	Leitfähig- keit mhos/ cm bei 25 C	Kationen mval/l		Anionen mval/l				Summe				
					Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼⁼	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻	SO ₄ ⁻		
3	0-20	58,4	8,40	8,05	2,93	4,28	1,99	24,75	0,60	31,62	--	6,25	25,20	0,25	31,70
	20-50	63,4	8,35	7,95	3,21	2,63	2,17	29,09	0,55	34,44	--	4,20	30,00	0,40	34,60
	50-80	62,7	8,55	8,15	3,01	2,83	0,96	26,59	0,46	30,84	--	4,10	28,40	1,44	33,94
	80-100	62,2	8,60	7,95	4,16	2,42	1,77	38,85	0,53	43,57	--	3,90	37,66	2,17	43,73
	100-120	120,2	8,60	7,90	6,68	3,14	2,11	64,46	0,86	70,57	--	4,05	60,46	6,17	70,63
6	0-20	69,2	8,30	7,90	3,37	2,79	1,10	32,69	0,60	37,18	--	4,70	31,28	1,21	37,19
	20-50	59,0	8,45	7,65	4,03	2,68	1,57	38,59	0,63	43,47	--	4,10	33,70	5,80	43,60
	50-80	62,0	8,60	8,05	5,38	3,76	3,92	47,56	0,80	56,04	--	3,25	41,60	11,52	56,37
	80-100	52,6	8,50	7,95	7,04	4,43	5,78	72,10	1,00	83,31	--	3,55	71,40	8,82	83,77
	100-120	88,7	8,55	7,80	7,82	4,43	6,24	96,23	1,33	108,93	--	3,15	103,70	2,16	109,01
9	0-20	66,7	8,35	7,85	7,71	4,33	8,30	71,60	1,09	85,32	--	3,70	80,72	1,44	85,86
	20-50	59,5	8,20	7,70	8,39	4,38	6,08	86,28	1,13	97,87	--	2,70	93,90	1,00	97,60
	50-80	71,6	8,50	7,95	7,93	4,07	4,47	92,36	1,01	101,91	--	2,45	87,70	12,08	102,23
	80-100	49,8	8,25	7,70	11,91	5,61	13,03	124,90	1,39	144,93	--	2,70	138,72	4,79	146,21
	100-120	93,8	8,35	7,80	12,54	6,08	14,98	131,54	1,60	154,20	--	2,80	148,20	3,70	154,70
12	0-20	62,2	8,50	8,15	3,31	2,32	2,13	33,95	0,59	38,99	--	5,05	33,40	1,05	39,50
	20-50	52,3	8,15	7,75	11,90	4,12	9,01	118,64	1,27	133,04	--	2,90	129,80	1,20	133,90
	50-80	61,9	8,00	7,65	18,71	7,88	24,79	207,05	1,90	241,62	--	2,50	237,60	1,62	241,72
	80-100	54,7	8,05	7,60	17,62	8,91	25,99	198,20	2,29	235,39	--	1,55	230,05	4,81	236,41
	100-120	85,5	8,10	7,65	14,09	8,73	17,40	161,88	1,75	189,76	--	1,39	183,50	5,91	190,80

Plastilrohr - Dränung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen vor der
Auswaschung in den Parzellen D, E, F

Anhang: 36

Parzelle	Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH im Sätti- gungsextrakt	Leitfähig- keit des Ex- trakt bei 25 °C	Kationen mval/l				Anionen mval/l				Summe	
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻		
D	0-26	66,8	7,65	7,05	32,46	21,08	56,75	277,84	1,95	357,62	--	2,64	354,65	2,31	359,60
	26-56	60,4	7,70	7,10	28,40	17,01	36,12	300,08	1,56	355,47	--	2,29	353,50	2,31	359,10
	56-87	66,3	7,75	7,10	28,40	21,08	40,13	300,08	1,38	363,37	--	1,76	360,50	1,44	363,70
	87-100	61,8	7,80	7,05	28,40	19,15	46,40	309,76	1,50	376,81	--	2,29	210,40	19,28	231,97
	100-120	43,2	7,95	7,05	22,72	13,16	27,74	189,88	1,17	231,95	--	2,02	200,66	15,10	217,78
E	0-20	71,7	7,45	6,95	56,80	36,70	86,42	471,88	1,89	596,89	--	2,73	561,37	33,60	597,70
	20-48	60,6	7,55	7,00	37,87	36,91	61,77	332,20	1,35	432,23	--	2,55	401,88	30,40	434,83
	48-68	57,9	7,55	7,00	37,87	28,78	58,18	389,94	1,39	478,29	--	2,38	453,13	23,70	479,21
	68-84	68,2	7,70	6,95	45,44	29,64	60,15	346,72	1,29	437,80	--	1,94	409,58	26,40	437,92
	84-100	65,8	7,70	7,00	32,46	27,71	58,85	342,77	1,29	430,62	--	1,76	394,68	34,31	430,73
	100-120	72,3	7,95	7,00	28,40	18,08	38,98	209,33	1,22	267,61	--	2,02	242,94	23,16	268,12
F	0-25	59,6	7,95	7,00	53,20	41,23	96,83	391,30	2,46	531,82	--	2,20	386,70	143,90	532,80
	25-55	52,2	7,70	7,10	35,47	32,97	65,70	358,24	1,75	438,66	--	1,85	368,70	68,94	439,49
	55-86	61,8	7,50	6,90	53,20	35,08	72,88	421,40	1,38	530,74	--	1,65	368,90	140,65	531,40
	86-100	62,2	7,70	7,00	35,47	27,67	57,06	317,10	1,31	403,14	--	1,67	320,80	84,26	405,73
	100-120	81,8	7,80	5,90	30,40	18,76	40,32	259,72	1,41	320,21	--	1,76	186,40	153,64	321,80

Plastikrohr - Dränung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach der
Auswaschung in der Parzelle D

Anhang: 37

Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH in Sätti- gungsextrakt	Leitfähig- keit bei 25°C cm bei 25°C	Kationen mval/l			Anionen mval/l				Summe	Summe
					Ca++	Mg++	Na+ K+	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		
0-26	78,6	8,50	8,15	3,31	3,19	1,76	27,52	0,58	5,30	24,70	3,60	33,05	33,60
26-56	71,5	8,70	7,90	2,72	2,27	1,17	25,71	0,42	5,75	17,90	6,81	29,57	30,46
56-87	78,6	8,60	7,95	5,81	2,47	2,18	56,36	0,47	3,95	39,11	19,41	61,48	62,47
87-100	91,2	8,70	7,80	4,40	1,96	1,68	37,59	0,41	3,85	37,20	2,55	41,64	43,60
100-120	107,8	8,45	7,55	4,25	3,40	1,20	32,20	0,44	3,25	38,70	2,63	44,94	45,23
6	0-26	74,7	8,70	8,10	3,35	2,68	25,75	0,42	4,80	24,60	1,87	31,22	31,27
26-56	75,3	8,40	8,05	3,32	2,78	1,77	33,76	0,46	4,50	26,50	8,22	38,77	39,22
56-87	81,4	8,30	8,10	3,32	2,50	2,67	30,92	0,40	4,15	23,90	8,48	36,49	36,53
87-100	86,7	8,40	8,10	3,97	3,66	1,78	31,28	0,35	4,70	30,20	2,97	37,07	37,87
100-120	93,6	8,40	8,00	3,52	3,22	4,30	35,37	0,31	4,55	35,60	3,71	43,27	43,85
9	0-26	79,3	8,35	8,05	4,37	2,16	54,64	0,64	3,80	54,60	3,61	61,03	62,01
26-56	84,1	8,45	7,85	5,33	2,48	3,40	65,74	0,69	3,60	64,70	5,36	72,31	73,66
56-87	74,1	8,25	7,55	7,12	3,29	3,90	92,18	0,86	2,95	96,10	1,41	100,23	100,46
87-100	84,6	8,30	7,60	5,31	2,27	3,10	61,61	0,69	3,95	60,90	3,04	67,67	67,89
100-120	91,4	8,30	7,55	5,91	4,02	3,10	89,89	1,00	4,00	86,20	2,26	98,01	99,55
12	0-26	69,5	8,30	7,25	3,47	1,54	33,52	0,65	4,90	12,04	20,86	37,30	37,80
26-56	73,6	8,40	8,05	3,23	2,17	3,89	33,74	0,38	4,90	9,34	25,95	40,18	40,19
56-87	71,7	8,30	8,15	4,99	1,75	2,19	41,91	0,47	4,30	33,20	8,63	46,32	46,33
87-100	90,0	8,45	8,05	7,07	2,78	3,89	68,98	0,66	3,25	70,60	4,03	76,31	77,88
100-120	84,2	8,30	7,95	8,11	3,71	6,80	73,60	0,85	3,30	72,20	9,67	84,96	85,77

Offene Graben - Dränung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen vor der
Auswaschung in den Parzellen G,H,I

Anhang: 40

Parzelle	Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH in Sätti- gungsextrakt	Leitfähig- keit mhos/ cm bei 25°C	Kationen mval/l			Anionen mval/l			Summe			
						Ca++ Mg++ Na+			CO ₃ HCO ₃ Cl ⁻						
						Ca++	Mg++	Na+	K+	CO ₃	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻		
G	0-20	57,8	7,70	7,00	55,60	27,07	79,69	481,92	4,40	593,08	--	2,11	501,89	90,60	594,60
	20-45	51,7	7,85	7,35	31,77	15,73	50,42	332,20	3,00	401,35	--	1,85	337,75	63,26	402,86
	45-70	51,8	7,80	7,30	27,80	14,87	38,36	195,19	2,32	250,74	--	1,94	218,22	31,30	251,46
	70-92	48,9	7,90	7,30	22,24	9,52	29,57	228,26	2,00	269,35	--	2,20	246,14	22,46	270,80
	92-120	54,2	7,80	7,35	24,71	11,02	34,32	264,62	2,20	312,17	--	1,67	293,62	18,30	313,65
H	0-20	57,3	7,70	7,00	53,20	17,06	105,85	493,64	5,00	621,55	--	1,85	601,50	18,93	622,28
	20-40	63,1	7,95	6,95	26,60	10,91	35,04	280,07	2,74	328,76	--	2,38	316,50	12,00	330,83
	40-65	73,1	7,85	7,15	26,60	7,95	24,06	208,12	2,20	242,33	--	1,94	200,50	40,42	242,86
	65-85	57,6	7,95	7,10	16,37	4,98	16,93	140,94	1,71	164,56	--	2,20	143,50	20,00	165,70
	85-100	66,9	8,00	7,15	12,52	5,19	14,70	107,10	1,60	128,59	--	2,38	109,50	17,98	129,86
	100-120	71,8	8,05	7,25	14,19	4,55	14,70	117,12	1,60	137,97	--	2,20	104,50	31,46	138,15
J	0-26	74,0	7,50	7,00	58,53	32,11	103,84	576,26	3,00	715,21	--	1,85	615,70	92,46	710,01
	26-56	62,3	7,55	7,15	37,07	22,79	77,50	437,90	2,50	540,69	--	1,85	420,80	119,12	541,77
	56-87	58,5	7,65	7,15	31,77	21,08	70,72	324,88	2,14	418,82	--	2,02	360,40	57,75	420,17
	87-100	73,4	7,75	7,05	24,71	11,88	46,80	250,48	2,00	311,16	--	1,67	216,70	94,43	312,80
		100-120	77,6	7,80	7,25	24,71	16,37	33,83	250,48	2,00	302,69	--	2,11	288,70	12,65

Offene Graben - Dränung
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach der
Auswaschung in der Farzelle G

Anhang: 41

Entfernung vom Dränrohr in m	Tiefe in cm	Sättigungs- satz in %	pH (Boden- paste)	pH in Sätti- gungsextrakt	Leitfähigkeit bei 25°C in $\mu\text{mhos/cm}$	Kationen mmol/l			Summe	Anionen mmol/l			Summe		
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻	SO ₄ ⁻
3	0-20	62,8	8,55	8,15	3,13	3,39	3,68	31,24	0,74	39,05	--	5,45	32,10	1,60	39,15
	20-45	61,8	8,65	8,40	2,32	4,02	1,44	25,37	0,54	31,37	--	7,10	21,40	3,36	31,86
	45-70	68,7	8,75	8,25	2,69	2,06	0,77	30,85	0,52	34,20	--	6,40	27,20	1,00	34,60
	70-92	62,1	8,35	8,00	9,78	6,18	5,34	114,91	1,48	127,91	--	4,00	122,20	2,16	128,36
	92-120	58,7	8,05	7,55	13,52	5,15	15,22	162,27	1,66	184,33	--	3,50	176,00	4,61	185,13
6	0-20	58,3	8,55	8,30	2,79	3,39	2,67	31,39	0,63	38,08	--	5,95	30,50	2,55	39,10
	20-45	53,7	8,55	8,10	5,18	3,81	2,55	59,45	1,25	67,06	--	5,00	62,70	0,43	68,13
	45-70	62,1	8,05	7,75	6,39	4,54	11,65	119,50	1,65	136,72	--	4,00	131,80	1,43	137,23
	70-92	57,5	8,05	7,65	16,68	7,43	23,88	110,25	2,00	143,56	--	3,45	130,20	10,95	144,60
	92-120	62,4	8,10	7,60	13,30	5,56	16,46	66,62	1,60	82,64	--	3,80	73,20	13,60	90,00
9	0-20	60,6	8,50	8,25	4,88	3,81	2,55	55,08	0,83	62,30	--	5,30	50,90	6,60	62,80
	20-45	57,8	8,65	8,25	6,49	3,61	4,17	84,65	0,88	93,31	--	4,70	79,50	9,53	93,73
	45-70	68,8	8,45	7,85	7,85	4,74	4,30	97,26	1,89	108,19	--	4,20	100,60	4,90	109,70
	70-92	52,2	8,60	7,40	14,78	7,11	18,45	210,25	2,49	238,30	--	3,15	221,50	15,05	239,70
	92-120	64,5	8,10	7,55	14,40	2,56	16,71	177,80	2,30	206,37	--	3,70	200,50	3,60	207,80
12	0-20	54,3	8,60	8,25	7,35	4,84	7,69	82,84	1,12	96,49	--	5,55	90,10	1,34	96,99
	20-45	59,9	8,85	8,20	4,48	3,61	1,50	47,53	0,68	53,32	--	4,75	40,90	8,21	53,65
	45-70	72,5	8,65	8,35	2,59	2,27	0,47	27,39	0,40	30,53	--	5,05	20,00	5,65	30,70
	70-92	51,2	8,25	7,75	7,73	6,39	5,10	80,76	0,55	82,80	--	4,00	80,20	9,00	93,20
	92-120	69,0	8,20	7,85	11,43	5,25	10,61	140,25	1,70	157,81	--	4,20	148,70	5,23	159,13

Anhang: 44

Varianzanalysen: EC der Parzelle A B C
Tonrohr-Drainage

Faktoren:	FG	SQ	S ²	P-TEST
Dosis	2	17060,7580	8530,3790	86,4272**
Entfernung	3	17971,7910	599,2636	6,0715**
Zahl d.W-Gabe	5	14872,4558	2974,4911	30,1366**
Dosis x Entfernung	6	324,8017	54,1335	0,5484
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	2662,9726	266,2972	2,6980**
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	1085,0546	72,3369	0,7328
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	3089,4987	102,9832	1,0433
Wiederholung	1	712,4536	712,4536	
Fehler	71	7007,7089	98,7001	

0-25 cm Tiefe

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	P-TEST
Dosis	2	1805,4685	902,7342	20,4709**
Entfernung	3	880,9542	293,3514	6,6522**
Zahl d.W-Gabe	5	9750,1532	1950,3306	44,2201**
Dosis x Entfernung	6	1079,9039	179,9839	4,0814**
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	392,4499	38,2449	0,8672**
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	672,1307	44,8087	1,0161
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	1632,6905	54,4230	1,2341
Wiederholung	1	11,3352	11,3352	
Fehler	71	3130,9740	44,0982	

** = hochsignifikant

* = signifikant

Anhang: 45

Orthogonal-Zerlegung: EC der Parzelle A B C
Tonrohr-Drainage

Faktoren	FG	S ²	0-25 cm Tiefe	P-TEST
DOSIS:				
Linear	1	16830,1582	170,51 *	
Quadratic	1	230,5877	2,33	
ENTFERNUNG:				
Linear	1	256,2086	2,59	
Quadratic	1	1156,5667	11,71 **	
Cubic	1	385,0031	3,90	
ZAHl d.W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	10548,7812	106,87 **	
1 mit 2	1	2990,9418	30,30 **	
3+4 mit 5+6	1	1248,4837	12,64 **	
3 mit 4	1	78,2852	0,79	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	25-50 cm Tiefe	P-TEST
DOSIS:				
Linear	1	1516,0651	34,37 **	
Quadratic	1	289,4016	6,56 *	
ENTFERNUNG:				
Linear	1	376,1335	8,52 **	
Quadratic	1	359,7344	8,15 **	
Cubic	1	134,1345	3,26	
ZAHl d.W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	7805,2100	176,69 **	
1 mit 2	1	118,7352	2,69	
3+4 mit 5+6	1	1090,1275	24,72 **	
3 mit 4	1	687,0533	15,58 **	

Anhang: 46

Varianzanalysen: EC der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dränung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	7645,9597	3822,5798	19,5063**
Entfernung	3	1463,3253	487,7751	2,4890*
Zahl d. W-Gabe	5	5292,8703	1058,5740	5,4018**
Dosis x Entfernung	6	527,5646	87,5274	0,4486
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	2919,2194	291,9219	1,4866
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	377,5938	25,1729	0,1284
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	1820,6951	60,6898	0,3096
Wiederholung	1	1158,2693	1158,2693	
Fehler	71	13913,6095	195,9163	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	4297,2801	2148,6400	34,0048**
Entfernung	3	460,3424	153,4474	2,4284
Zahl d. W-Gabe	5	4030,6641	806,1328	12,7580**
Dosis x Entfernung	6	272,4667	45,4111	0,7186
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	1163,6324	116,3632	1,8415
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	538,7425	35,9161	0,5684
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	1067,4803	35,3493	0,5594
Wiederholung	1	384,1609	384,1609	
Fehler	71	4486,2286	63,1863	

Anhang: 47

Orthogonal-Zerlegung: EC der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dränung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	1359,0149	6,97 *
Quadratic	1	6286,9421	32,12 **
ENTFERNUNG:			
Linear	1	127,3442	0,64
Quadratic	1	1329,8177	6,78
Cubic	1	6,1635	0,02
ZAHL d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	3825,5022	19,87 **
1 mit 2	1	112,2408	0,57
3+4 mit 5+6	1	937,4799	4,78 *
3 mit 4	1	11,6033	0,05

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	49,1634	0,77
Quadratic	1	4248,1152	67,23 **
ENTFERNUNG:			
Linear	1	158,8690	2,5 *
Quadratic	1	281,6802	4,45 *
Cubic	1	19,6035	0,31
ZAHL d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	3242,0302	51,16 **
1 mit 2	1	212,2418	3,37
3+4 mit 5+6	1	490,0284	7,75 **
3 mit 4	1	13,2299	0,23

Anhang: 48

Varianzanalysen: EC der Parzelle G H J
Graben-Dränung

0-45 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	8708,1779	4334,0889	33,3731**
Entfernung	3	468,4284	156,1428	1,1367
Zahl d. W-Gabe	5	13154,8741	2630,9748	20,1658**
Dosis x Entfernung	6	497,2639	82,8773	0,6352
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	1127,2121	112,7212	0,8639
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	1917,8625	127,9575	0,9799
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	1747,1199	58,2373	0,4463
Wiederholung	1	107,4710	107,4710	
Fehler	71	9263,1577	130,4670	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	2348,1019	1174,1509	24,2636**
Entfernung	3	294,7516	98,2505	2,0757
Zahl d. W-Gabe	5	3708,7600	741,7532	15,3333**
Dosis x Entfernung	6	1341,4358	223,5726	4,6210**
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	887,5947	88,7594	1,8143
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	1043,9766	69,5984	1,4365
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	2316,4705	77,2155	1,5919
Wiederholung	1	27,7779	27,7779	
Fehler	71	3435,0819	48,3814	

Anhang: 49

Orthogonal-Zerlegung: EC der Parzelle G H J
Graben-Dränung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
Dosis:			
Linear	1	7444,2076	57,1**
Quadratic	1	1262,2658	9,6**
ENTFERNUNG:			
Linear	1	168,2333	1,2*
Quadratic	1	232,5628	1,7*
Cubic	1	67,4652	0,51
Zahl d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	16236,4211	78,4**
1 mit 2	1	425,6074	3,3*
3+4 mit 5+6	1	2259,1977	18,1**
3 mit 4	1	55,2033	0,42

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
Dosis:			
Linear	1	2190,7704	45,29**
Quadratic	1	157,5312	3,6*
ENTFERNUNG:			
Linear	1	253,0722	5,2*
Quadratic	1	16,2777	0,2*
Cubic	1	15,4293	0,2*
Zahl d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	1617,3828	33,42**
1 mit 2	1	21,4518	0,2*
3+4 mit 5+6	1	1822,6579	27,67**
3 mit 4	1	35,2208	0,72

Anhang: 50

Varianzanalysen: Lösliches Na⁺ der Parzelle A B C
Tonrohr-Dringung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	P-TST
Dosis	2	219735,7519	109817,8759	79,6418**
Entfernung	3	98952,0625	32984,0208	2,3906
Zahl d. W-Gabe	5	1897749,7827	379549,9564	27,5906**
Dosis x Entfernung	6	121076,7188	20179,4531	1,4625
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	165931,3751	16593,1375	1,2026
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	298931,9221	19992,7948	1,4490
Dos. x Entf. x Z.d.W-G.	30	289319,7034	9642,9901	0,6889
Wiederholung	1	345,6718	345,6718	
Fehler	71	979586,5473	13796,9936	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	P-TST
Dosis	2	572585,1804	286292,3902	39,0125**
Entfernung	3	49504,8047	16501,5015	2,2486
Zahl d. W-Gabe	5	1121001,0595	224200,2119	30,5513**
Dosis x Entfernung	6	77693,5899	12048,7643	1,7645
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	101289,1445	10128,3144	1,3802
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	76677,2539	5111,8169	0,6965
Dos. x Entf. x Z.d.W-G.	30	207253,1993	6908,4399	0,9414
Wiederholung	1	12226,9765	12226,9765	
Fehler	71	521031,4534	7338,4711	

Anhang: 51

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches Na⁺ der Parzelle A B C
Tonrohr-Dringung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	P-TST
DOSIS:			
Linear	1	2057886,2358	149,15 **
Quadratic	1	139743,6278	10,12 **
ENTFERNUNG:			
Linear	1	64974,3004	4,73 *
Quadratic	1	17233,1261	1,24
Cubic	1	16743,7129	1,21
ZAHL d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	1217541,1113	89,24 **
1 mit 2	1	525677,8767	39,10 **
3+4 mit 5+6	1	24547,2786	1,77
3 mit 4	1	52058,8425	6,67 *

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	P-TST
DOSIS:			
Linear	1	572438,0341	79,00 **
Quadratic	1	146,9783	0,02
ENTFERNUNG:			
Linear	1	9215,6401	1,23
Quadratic	1	34953,893	4,76 *
Cubic	1	5323,3407	0,72
ZAHL d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	931419,1306	126,92 **
1 mit 2	1	39721,0132	5,41 *
3+4 mit 5+6	1	60636,6796	8,26 **
3 mit 4	1	89199,7631	12,15 **

Anhang: 52

Varianzanalysen: Lösliches Na⁺ der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dringung

Faktoren	FG	SQ	S ²	0-25 cm Tiefe	F-TEST
Dosis	2	688193,4848	344026,7424	25,8612**	
Entfernung	3	115596,5234	38531,1744	2,8959**	
Zahl d.W-Gabe	5	432404,7972	90493,6534	6,8002**	
Dosis x Entfernung	6	30906,1367	5151,0227	0,3871	
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	209366,2814	20936,6281	1,5735	
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	41309,7617	2733,9841	0,2059	
Dos.x Entf.x Z.d.W-G.	30	73782,6875	2436,0895	0,1830	
Wiederholung	1	75918,5370	75918,7070		
Fehler	71	944690,4365	13375,4999		

Faktoren	FG	SQ	S ²	25-50 cm Tiefe	F-TEST
Dosis	2	190055,2697	95027,6348	14,7334**	
Entfernung	3	35870,9062	11936,3687	1,8538	
Zahl d.W-Gabe	5	372872,2971	74574,4514	11,5622**	
Dosis x Entfernung	6	35827,2773	6037,8795	0,9438	
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	58511,9258	5851,1925	0,9071	
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	48220,2773	3214,6851	0,4894	
Dos.x Entf.x Z.d.W-G.	30	101446,7253	3381,5573	0,5242	
Wiederholung	1	23803,7792	23803,1792		
Fehler	71	457936,0666	6443,6057		

Anhang: 53

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches Na⁺ der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dringung

Faktoren	FG	S ²	0-25 cm Tiefe	F-TEST
DOSIS:				
Linear	1	4718,3105		0,35
Quadratic	1	683475,3427		51,7**
ENTFERNUNG:				
Linear	1	6164,7310		0,45
Quadratic	1	105874,3795		7,95**
Cubic	1	7355,3334		0,46
ZAHL d.W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	361193,3337		27,14**
1 mit 2	1	1932,9408		0,14
3+4 mit 5+6	1	56347,3509		4,23
3 mit 4	1	8,1982		0,03

Faktoren	FG	S ²	25-50 cm Tiefe	F-TEST
DOSIS:				
Linear	1	33423,7602		4,71*
Quadratic	1	159631,3334		24,14**
ENTFERNUNG:				
Linear	1	13030,1787		2,12
Quadratic	1	18180,0278		2,81
Cubic	1	4600,3534		0,7
ZAHL d.W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	282013,0162		42,32**
1 mit 2	1	36137,6073		5,61*
3+4 mit 5+6	1	45331,7223		7,62**
3 mit 4	1	56,3333		0,03

Anhang: 54

Varianzanalysen: Isotisches Na⁺ der Parzelle G H J
Graben-Dränung

0-25 cm Tiefe			
Faktoren	FG	SQ	P-TEST
Dosis	2	1349780,8452	674890,4226 56,81316**
Entfernung	3	31224,9140	10408,3046 0,8764
Zahl d.W-Gabe	5	1268214,4077	253647,8815 21,3589**
Dosis x Entfernung	6	52656,5469	8776,0911 0,7390
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	121212,5547	12121,2554 1,0207
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	157582,5626	10525,5041 0,8963
Dosis x Entf. x Z.d.W-Gabe	30	193415,7658	6631,8558 0,5569
Wiederholung	1	1078,8437	1078,8437
Fehler	71	843142,7739	11875,2503

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	P-TEST
Dosis	2	719409,8527	359704,328 67,4397**
Entfernung	3	36751,5137	12250,5045 1,6156
Zahl d.W-Gabe	5	422490,6135	84498,1226 11,1440**
Dosis x Entfernung	6	57150,7461	9528,1243 1,2562
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	91241,2442	9124,1244 1,2033
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	206289,9356	13752,6623 1,8137**
Dosis x Entf. x Z.d.W-Gabe	30	235188,0565	7830,6022 1,0339
Wiederholung	1	1440,2421	1440,2421
Fehler	71	538346,6921	7582,3477

Anhang: 55

Orthogonal-Verlegung: Isotisches Na⁺ der Parzelle G H J
Graben-Dränung

0-25 cm Tiefe			
Faktoren	FG	SQ	P-TEST
Dosis:			
Linear	1	1345549,5009	113,54 **
Quadratic	1	250,9458	0,01
ENTFERNUNG:			
Linear	1	20568,6585	1,73
Quadratic	1	10596,0516	0,89
Cubic	1	58,8316	0,77
ZAHLE d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	980092,3228	82,53 **
1 mit 2	1	128405,2549	10,82 **
3+4 mit 5+6	1	133022,4553	11,27 **
3 mit 4	1	270,4919	0,71

25-50 cm Tiefe			
Faktoren	FG	SQ	P-TEST
Dosis:			
Linear	1	693770,0046	91,40 **
Quadratic	1	25639,8055	3,73
ENTFERNUNG:			
Linear	1	304503,1240	4,55 *
Quadratic	1	400,0000	0,05
Cubic	1	1848,3235	0,24
ZAHLE d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	137930,5831	26,10 **
1 mit 2	1	1515,3769	0,19
3+4 mit 5+6	1	178770,4497	23,57 **
3 mit 4	1	1927,8675	0,25

Anhang: 56

Varianzanalysen: Lösliches Mg⁺⁺ der Parzelle A B C
Tonrohr-Drainage

0-25 cm Tiefe				
Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	18997,0595	9498,5287	10,2333**
Entfernung	3	5067,2433	1699,5144	1,8270
Zahl d. W-Gabe	5	74593,7569	14918,9512	16,0742**
Dosis x Entfernung	6	2425,5048	404,8508	0,4355
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	17139,7002	1713,9700	1,8465
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	7879,8808	525,4253	0,5659
Dos. x Entf. x Z.d.W-G.	30	11916,1035	397,8794	0,4279
Wiederholung	1	2136,7763	2136,7763	
Fehler	71	65901,5469	928,908	

25-50 cm Tiefe				
Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	14795,2854	7197,427	33,1013**
Entfernung	3	2022,5871	674,1957	3,0999**
Zahl d. W-Gabe	5	32515,3277	6503,1675	29,0099**
Dosis x Entfernung	6	2472,4453	412,0742	1,8947
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	3099,2321	369,0233	1,4350
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	2727,4248	181,8283	0,8360
Dos. x Entf. x Z.d.W-G.	30	10080,5966	336,7199	1,5450
Wiederholung	1	254,3392	254,3392	
Fehler	71	15441,6186	217,4875	

Anhang: 57

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches Mg⁺⁺ der Parzelle A B C
Tonrohr-Drainage

0-25 cm Tiefe			
Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	11547,8998	12,44 **
Quadratisch	1	7449,1183	8,02 **
ENTFERNUNG:			
Linear	1	2767,1280	2,28
Quadratisch	1	2269,7283	2,4
Cubic	1	31,0420	0,3
ZAHl d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	47900,2632	51,60 **
1 mit 2	1	17036,5052	19,32 **
3+4 mit 5+6	1	4687,2150	5,14 *
3 mit 4	1	4530,3407	4,42

25-50 cm Tiefe			
Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	13656,5103	62,73 **
Quadratic	1	741,7669	3,43
ENTFERNUNG:			
Linear	1	473,6888	2,17
Quadratic	1	1428,8539	6,16
Cubic	1	120,7439	0,5
ZAHl d. W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	26630,4772	122,44 **
1 mit 2	1	1306,2533	6,70 *
3+4 mit 5+6	1	2141,5704	9,52 **
3 mit 4	1	2069,8132	9,51 **

Varianzanalysen: Lösliches Mg⁺⁺ der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dränung

Faktoren	PG	SQ	S ²	0-25 cm Tiefe	P-TEST
Dosis	2	3528,0778	1764,0389	2,3614	
Entfernung	3	4423,5551	1476,5183	1,9378	
Zahl d.W-Gabe	5	17302,4717	3478,4943	4,6955**	
Dosis x Entfernung	6	3935,9897	655,9982	0,8781	
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	11250,5058	1125,0505	1,5060	
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	3227,6506	215,1767	0,2880	
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	9011,9138	300,3971	0,4021	
Wiederholung	1	6609,4272	6609,4272		
Fehler	71	53027,8713	747,0122		

Faktoren	PG	SQ	S ²	25-50 cm Tiefe	P-TEST
Dosis	2	12800,3679	6400,1839	32,6372**	
Entfernung	3	1281,6322	427,2107	2,1795	
Zahl d.W-Gabe	5	11004,9792	2200,9358	11,2238**	
Dosis x Entfernung	6	1431,1341	238,5223	1,2163	
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	2768,4194	276,8419	1,4117	
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	2154,5994	143,6399	0,7324	
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	3302,3502	130,0782	0,6673	
Wiederholung	1	964,1048	964,1048		
Fehler	71	13923,1341	196,1004		

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches Mg⁺⁺ der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dränung

Faktoren	PG	S ²	0-25 cm Tiefe	P-TEST
DOSIS:				
Linear	1	1475,9916	1,77	
Quadratic	1	2052,2668	2,74	
ENTFERNUNG:				
Linear	1	719,2702	0,96	
Quadratic	1	3538,2663	4,73 *	
Cubic	1	166,1533	0,22	
ZAHL d.W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	13370,7234	17,84 **	
1 mit 2	1	372,9674	0,43	
3+4 mit 5+6	1	2175,5104	2,71	
3 mit 4	1	5,7408	0,00	

Faktoren	PG	S ²	25-50 cm Tiefe	P-TEST
DOSIS:				
Linear	1	2569,9750	13,70 **	
Quadratic	1	10230,4590	52,16 **	
ENTFERNUNG:				
Linear	1	66,3633	0,33	
Quadratic	1	1013,7377	5,22 *	
Cubic	1	195,5268	0,39	
ZAHL d.W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	8875,3531	45,77 **	
1 mit 2	1	599,1018	3,00	
3+4 mit 5+6	1	1570,5925	8,30 **	
3 mit 4	1	0,8932	0,00	

Anhang: 60

Varianzanalysen: Lösliches Mg⁺⁺ der Parzelle G H J
Graben-Drainung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	16902,9658	8451,4819	12,324**
Entfernung	3	233,1560	111,0520	0,1679
Zahl d.W-Gabe	5	45662,2348	9132,6459	13,3293**
Dosis x Entfernung	6	2695,2082	447,5347	0,6527
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	5110,0146	511,7014	0,7453
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	8041,9836	526,1322	0,7820
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	12549,1731	418,3057	0,6101
Wiederholung	1	1101,4099	1191,4089	
Fehler	71	48676,4470	685,5837	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	21518,6168	10759,3084	44,5105**
Entfernung	3	3762,9285	1254,3095	4,3616**
Zahl d.W-Gabe	5	42278,9556	2455,7911	10,1504**
Dosis x Entfernung	6	5371,9514	895,3252	3,7039**
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	2902,9646	290,3924	1,2013
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	4974,0103	331,6006	1,3718
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	5779,5824	182,6527	0,7369
Wiederholung	1	376,6045	376,6045	
Fehler	71	17162,4591	241,7247	

Anhang: 61

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches Mg⁺⁺ der Parzelle G H J
Graben-Drainung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	11639,7850	21,42**
Quadratic	1	2222,9766	3,71
ENTFERNUNG:			
Linear	1	395,7514	0,42
Quadratic	1	4,7660	0,00
Public	1	22,6375	0,02
Zahl d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	33454,4220	48,7**
1 mit 2	1	1573,3208	2,23
3+4 mit 5+6	1	10184,6239	14,82**
3 mit 4	1	13,2270	0,01

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	21513,0874	85,23**
Quadratic	1	5,5278	0,02
ENTFERNUNG:			
Linear	1	2614,8732	1,6*
Quadratic	1	530,9183	2,19
Cubic	1	17,2051	0,00
Zahl d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	4570,6627	18,77**
1 mit 2	1	83,2133	0,24
3+4 mit 5+6	1	6056,3150	23,95**
3 mit 4	1	19,5074	0,08

Anhang: 62

Varianzanalyse: Idealisches Cl⁻ der Parzelle / B C
Tonrohr-Drainung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	sq	S ²	P-TEST
Dosis:				
Entfernung	2	524,3065,3789	2621532,6894	182,0999**
Zahl d.W-Gabe	3	286940,5628	95646,8542	6,6439**
Dosis x Entfernung	5	715505,6557	142101,1313	0,9402**
Dosis x Zahl d.W-Gabe	6	186964,3126	31160,7187	2,1645
Dosis x Entfernung x Zahl d.W-Gabe	10	833512,7507	83351,2750	5,7898**
Entf. x Zahl d.W-Gabe	15	211123,5979	14074,9062	0,9776
Dosis x Entf. x Zahl d.W-Gabe	30	396595,0939	13216,8698	0,9180
Wiederholung	1	20392,4375	26392,4375	
Fehler	71	1022124,6882	14396,1223	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	sq	S ²	P-TEST
Dosis:				
Entfernung	2	1672420,0634	836210,0317	129,2601**
Zahl der W-Gabe	3	109948,7891	36616,2630	5,6600**
Dosis x Entfernung	5	601730,8754	120346,1751	19,6029**
Dosis x Zahl d.W-Gabe	6	60680,4521	11513,4088	1,7951
Dosis x Entfernung x Zahl d.W-Gabe	10	581413,2817	58141,3281	8,9824**
Entf. x Zahl d.W-Gabe	15	130222,6828	8681,5255	1,3419
Dosis x Entf. x Zahl d.W-Gabe	30	191426,2189	6380,8739	0,9863
Wiederholung	1	4540,6875	4540,6875	
Fehler	71	455213,4846	6460,2040	

Anhang: 63

Orthogonal-Zerlegung: Idealisches Cl⁻ der Parzelle A B C
Tonrohr-Drainung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	P-TEST
Dosis:			
Linear	1	1251974,6123	86,82**
Quadratio	1	3991089,3779	27,12**
ENTFERNUNG:			
Linear	1	119457,3281	8,2**
Quadratio	1	166691,6770	11,5**
Cubic	1	767,1473	0,2
ZAHL d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	368232,1667	25,5**
1 mit 2	1	76031,0347	5,43*
3+4 mit 5+6	1	259324,1235	18,1**
3 mit 4	1	4563,0200	0,21

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	P-TEST
Dosis:			
Linear	1	595578,1716	26,61**
Quadratio	1	1086841,6733	128,0**
ENTFERNUNG:			
Linear	1	50070,0242	7,73**
Quadratio	1	58730,9847	9,75**
Cubic	1	958,4150	0,15
ZAHL d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	302979,2232	46,82**
1 mit 2	1	27393,4774	4,23*
3+4 mit 5+6	1	206758,4064	31,66**
3 mit 4	1	64372,1011	9,95

Anhang: 64

Varianzanalysen: Lösliches Cl⁻ der Parzelle D 3 F
Plastikrohr-Düngung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SS	S ²	P-TEST
Dosis	2	41049,8205	20524,9102	9,9531**
Entfernung	3	54321,2734	18107,0911	0,9780
Zahl d. W-Gabe	5	52804,9614	10760,9922	5,2179**
Dosis x Entfernung	6	242246,6720	40374,4453	1,9578
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	330305,9377	33030,5937	1,6017
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	187831,4142	12522,0942	0,6072
Dosis x Entf. x Z.d.W-Gabe	30	411677,5527	16380,5854	0,7043
Wiederholung	1	27047,6797	27047,6797	
Fehler	71	11464126,8061	20621,5042	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SS	S ²	P-TEST
Dosis	2	45161,0196	22580,5098	7,5010**
Entfernung	3	17659,5859	5889,5286	0,6097
Zahl d. W-Gabe	5	40322,8956	8064,5797	0,2745**
Dosis x Entfernung	6	19441,4140	3240,2336	0,3348
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	228570,1845	22857,0184	2,3622**
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	131166,4589	8744,4312	0,9037
Dosis x Entf. x Z.d.W-Gabe	30	140992,5340	4699,7433	0,5165
Wiederholung	1	27804,5820	27804,5820	
Fehler	71	636999,2700	9676,0460	

Anhang: 65

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches Cl⁻ der Parzelle D 3 F
Plastikrohr-Düngung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SS	S ²	P-TEST
DOSIS:				
Linear	1	45076,9331	45076,9331	2,62
Quadrat	1	364522,7351	364522,7351	17,6**
ENTF.-DÜNG:				
Linear	1	4.443	4.443	0,03
Quadrat	1	49469,1733	49469,1733	2,23
Cable	1	4347,4072	4347,4072	0,03
ZAHl d. W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	441784,277	441784,277	21,6**
1 mit 2	1	58376,9098	58376,9098	2,82
3+4 mit 5+6	1	16073,2772	16073,2772	0,62
3 mit 4	1	20311,6675	20311,6675	0,63

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SS	S ²	P-TEST
DOSIS:				
Linear	1	138276,2348	138276,2348	16,12*
Quadrat	1	8241,8009	8241,8009	0,66
ENTF.-DÜNG:				
Linear	1	1336,6125	1336,6125	0,13
Quadrat	1	1033,6324	1033,6324	1,7
Cable	1	603,8993	603,8993	0,62
ZAHl d. W-GABE:				
1+2 mit 3+4+5+6	1	21722,7774	21722,7774	22,46**
1 mit 2	1	75652,7774	75652,7774	7,82**
3+4 mit 5+6	1	102161,6218	102161,6218	10,51**
3 mit 4	1	1445,4075	1445,4075	0,14

Varianzanalysen: Idealisches Cl⁻ der Parzelle G H J
Graben-Dränung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	263397,6894	1316998,3447	52,7025**
Entfernung	3	62485,6406	20823,5468	0,8334
Zahl d.W-Gabe	5	585210,1569	117042,0313	4,6836**
Dosis x Entfernung	6	101593,0625	16898,8437	0,6762
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	585743,2819	58574,3281	2,3439*
Entf.x. Z.d.W-Gabe	15	136225,1251	9081,6750	0,3634
Dos.x Entf.x Z.d.W-G.30	30	31846,9439	10632,8948	0,4254
Wiederholung	1	1241,5625	1241,5625	
Fehler	71	1774239,3608	24989,3726	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	139968,2706	69981,1353	10,2641**
Entfernung	3	71871,5225	23957,1741	3,5136*
Zahl d.W-Gabe	5	162437,6789	32487,5357	4,7661**
Dosis x Entfernung	6	38537,5234	6422,4205	0,9420
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	162024,4981	16202,4499	2,3895*
Entf.x Z.d.W-Gabe	15	31183,3428	5412,2228	0,7977
Dos.x Entf.x Z.d.W-G.30	30	164346,5040	5478,2168	0,8034
Wiederholung	1	28454,0693	28454,0693	
Fehler	71	484101,7845	6819,3349	

Orthogonal-Zerlegung: Idealisches Cl⁻ der Parzelle G H J
Graben-Ernung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	2522373,2167	100,97**
Quadratisch	1	111624,1860	4,46*
ENTFERNUNG:			
Linear	1	48108,2469	1,32
Quadratisch	1	386,7778	0,01
Cubic	1	13997,2864	0,55
ZAHL d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	355428,0650	14,24**
1 mit 2	1	57824,0828	2,31
3+4 mit 5+6	1	132713,0819	5,32*
3 mit 4	1	15577,2106	0,62

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
DOSIS:			
Linear	1	3086,7676	0,42
Quadratisch	1	136886,1994	20,00**
ENTFERNUNG:			
Linear	1	34844,5516	5,11*
Quadratisch	1	20036,4024	2,97
Cubic	1	16990,5635	2,49
ZAHL d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	111746,2811	16,73**
1 mit 2	1	4649,2033	0,68
3+4 mit 5+6	1	31219,3765	4,57*
3 mit 4	1	1153,4602	0,16

Anhang: 68

Varianzanalysen: Lösliches SO₄ der Parzelle A B C
Tonrohr-Brandung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	1797720,5483	898860,2741	57,6878**
Entfernung	3	587130,7116	195726,9038	12,5615**
Zahl d.W-Gabe	5	629622,2658	139724,4571	8,9673**
Dosis x Entfernung	6	1189701,2592	198283,6649	12,7256**
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	1022944,9706	102094,4910	6,5523**
Entf.x Z.d.W-Gabe	15	674785,4655	40276,0310	2,5850**
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	1035633,5864	34520,7862	2,2100**
Wiederholung	1	37778,7293	27078,7793	
Fehler	71	1106782,7861	15581,4476	

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	F-TEST
Dosis	2	13651,8502	6825,9251	26,9311**
Entfernung	3	1391,4958	467,3652	1,817**
Zahl d.W-Gabe	5	14816,2905	2962,3581	11,6912
Dosis x Entfernung	6	870,8048	145,1341	0,5726
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	4724,8956	472,4805	1,8641
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	912,4588	60,8639	0,2401
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	5227,0483	174,2749	0,6874
Wiederholung	1	855,0761	855,0761	
Fehler	71	17595,5678	252,4587	

Anhang: 69

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches SO₄ der Parzelle A B C
Tonrohr-Brandung

0-25 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
D.O.F.S:			
Linear	1	1184503,7094	76,1***
Quadratic	1	678870,7543	3,3***
ENTFERNUNG:			
Linear	1	377780,7157	25,2***
Quadratic	1	34774,348	2,22
Cubic	1	155696,0386	10,15**
ZAHl d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	651044,3015	41,92**
1 mit 2	1	1353,5669	0,08
3+4 mit 5+6	1	1521,6237	0,20
3 mit 4	1	25345,6202	2,44

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	F-TEST
D.O.F.S:			
Linear	1	12132,0765	47,86**
Quadratic	1	1510,8421	5,13
ENTFERNUNG:			
Linear	1	1113,7670	2,4*
Quadratic	1	137,7500	0,54
Cubic	1	117,8420	0,43
ZAHl d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	13208,1441	52,11**
1 mit 2	1	2,4742	0,00
3+4 mit 5+6	1	829,5524	3,27
3 mit 4	1	332,8533	1,31

Anhang: 70

Varianzanalysen: Lösliches SO₄ -- der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dränung

Faktoren	FG	SQ	S ²	P-TEST
Dosis:	2	12252,0464	61126,0232	386,1196**
Entfernung	3	397,3212	132,4404	0,8365*
Zahl d.W-Gabe	5	2458,9698	491,7939	3,1065
Dosis x Entfernung	6	1051,6176	171,9362	1,0860
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	1589,7816	158,8781	1,0035
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	1921,2725	128,0818	0,8000
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	2869,5946	96,3131	0,6083
Wiederholung	1	42,5786	42,5786	
Fehler	71	11239,9040	158,3085	

0-25 cm Tiefe

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	SQ	S ²	P-TEST
Dosis	2	2816,9277	1408,4639	20,8150**
Entfernung	3	111,5359	37,1786	0,5494*
Zahl d.W-Gabe	5	827,8973	165,5374	2,4463
Dosis x Entfernung	6	396,4711	59,0785	0,8730
Dosis x Z.d.W-Gabe	10	335,4647	33,5464	0,4057
Entf. x Z.d.W-Gabe	15	675,8398	45,0559	0,6658
Dosis x Entf. x Z.d.W-G.	30	1786,1729	59,6047	0,8808
Wiederholung	1	79,2100	79,2100	
Fehler	71	4804,2698	67,6657	

Anhang: 71

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches SO₄ -- der Parzelle D E F
Plastikrohr-Dränung

Faktoren	FG	S ²	P-TEST
DOSIS:			
Linear	1	8852,0412	558,77**
Quadratic	1	33799,8997	213,00**
ENTFERNUNG:			
Linear	1	254,2033	1,61
Quadratic	1	53,9010	0,34
Cubic	1	89,1123	0,56
ZAHl d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	1866,6049	11,70**
1 mit 2	1	19,3768	0,11
3+4 mit 5+6	1	60,6016	0,38
3 mit 4	1	484,5052	3,05

25-50 cm Tiefe

Faktoren	FG	S ²	P-TEST
DOSIS:			
Linear	1	22,6234	0,77
Quadratic	1	2794,4341	21,22**
ENTFERNUNG:			
Linear	1	12,9605	0,79
Quadratic	1	96,6944	1,12
Cubic	1	1,8808	0,12
ZAHl d.W-GABE:			
1+2 mit 3+4+5+6	1	545,0501	8,05**
1 mit 2	1	0,4033	0,20
3+4 mit 5+6	1	0,0266	0,00
3 mit 4	1	281,7852	4,16*

Anhang: 72

Varianzanalysen: Lösliches SO_4^{--} der Parzelle 9 H J
Graben-Drainung

		0-25 cm Tiefe		P-TEST	
Faktoren	FG	SQ	S ²		
Dosis	2	72954,2702	36477,1331	138,7445**	
Entfernung	3	1295,6832	431,8944	1,6427	
Zahl d.W-Gabe	5	4523,0755	925,8151	3,4453**	
Dosis x Entfernung	6	2546,0233	424,3372	1,6140	
Dosis x 2.d.W-Gabe	10	11454,2695	1145,4259	4,3567**	
Entf. x 2.d.W-Gabe	15	1420,3350	94,6830	0,3601	
Dosis x Entf. x 2.d.W-G.	30	5587,1726	186,2310	0,7085	
Wiederholung	1	2,6140	2,5140		
Fehler	71	18666,5152	262,3036		

		25-50 cm Tiefe		P-TEST	
Faktoren	FG	SQ	S ²		
Dosis	2	21829,2708	10914,6354	99,6778**	
Entfernung	3	113,1228	37,7076	0,3443	
Zahl d.W-Gabe	5	1534,7899	306,9579	2,8032*	
Dosis x Entfernung	6	191,2790	31,8738	0,2911	
Dosis x 2.d.W-Gabe	10	5366,8490	536,6849	4,9012**	
Entf. x 2.d.W-Gabe	15	2563,7608	170,9173	1,5609	
Dosis x Entf. x 2.d.W-G.	30	3782,6306	126,1876	1,1514	
Wiederholung	1	127,1259	127,259		
Fehler	71	7774,4387	109,4991		

Anhang: 73

Orthogonal-Zerlegung: Lösliches SO_4^{--} der Parzelle 9 H J
Graben-Drainung

		0-25 cm Tiefe		P-TEST	
Faktoren	FG	SQ	S ²		
Dosis:					
Linear	1	880,6916	3,35		
Quadratic	1	72773,7885	274,11**		
ENTFERNUNG:					
Linear	1	123,5044	0,46		
Quadratic	1	761,733	2,53		
Cubic	1	410,6179	1,65		
ZAHLE d.W-GABE:					
1+2 mit 3+4+5+6	1	1597,9458	7,25**		
1 mit 2	1	791,3752	3,13		
3+4 mit 5+6	1	1297,7015	4,93*		
3 mit 4	1	476,3122	1,8		

		25-50 cm Tiefe		P-TEST	
Faktoren	FG	SQ	S ²		
Dosis:					
Linear	1	127,6076	1,15		
Quadratic	1	21701,2888	193,13**		
ENTFERNUNG:					
Linear	1	1,6116	0,01		
Quadratic	1	107,6406	0,93		
Cubic	1	3,5791	0,03		
ZAHLE d.W-GABE:					
1+2 mit 3+4+5+6	1	13,9568	0,12		
1 mit 2	1	70,8102	0,64		
3+4 mit 5+6	1	1421,4204	12,3**		
3 mit 4	1	14,1918	0,12		

LEBENS LAUF

- 3.4.1935 wurde ich als drittes Kind des Ehepaares Muharrem und Hediye Saatcilar in Izmir/Türkei geboren
- 1942-1947 Besuch der Volksschule in Bayrakli-Izmir
- 1947-1950 Besuch der Mittelschule in Karsiyaka-Izmir
- 1950-1954 Besuch des Allgemeinen Gymnasiums in Karsiyaka-Izmir
- 1955-1959 Studium an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Ägäischen Universität in Izmir. Abschluß des Studiums als Diplomlandwirt der Fachrichtung in Pflanzenbau und Pflanzenzucht
- 1960-1961 Militärdienst als Reserveoffizier
- 1961-1965 Assistent in der Forschungsstation für Bewässerungslandwirtschaft in Menemen an der Abteilung für Entsalzung und Entwässerung
- Seit 1965 Leiter der Abteilung für Entsalzung und Entwässerung in gleicher Forschungsstation
- 1970-1972 Durchführung der Feldversuche für die Doktorarbeit in der Türkei
- Seit 1972 Durchführung der Laboruntersuchungen und Abschluß der Arbeit in Deutschland

Zum Abschluß dieser Arbeit möchte ich herzlich Herrn Prof. Dr. L. JUNG für die Überlassung des Themas, die Betreuung und für die Anregungen und Ratschläge bei der Durchführung sowie Anfertigung der Arbeit danken.

Mein Dank gilt den Herren Dr. C. AKINCI, Dr. A. IMAMOGLU, Doz. Dr. O. MANAS und Dr. A. KIRCALIOGLU.

Nicht zuletzt danke ich allen Institutsangehörigen, insbesondere Frau G. SIEDOW für ihre freundschaftliche Hilfe bei den Laborarbeiten sowie Frau E. BRÜCKEL, die mir bei den Schreibarbeiten eine wertvolle Unterstützung war.

Ferner möchte ich den Herren vom Institut für Bewässerungslandwirtschaft Menemen-Izmir Dipl.Ing.agr. E. ISLIEL, Dipl.Ing.agr. F. GÜRAY, sowie Herrn B. EVLI für die Hilfe bei den Laborarbeiten meinen Dank aussprechen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft bin ich für die zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel zu Dank verpflichtet.

